



Variação espacial do comprimento e do peso úmido total de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) no delta do rio Jacuí e lago Guaíba (RS, Brasil)

Maria Cristina Dreher Mansur^{1*}

Henrique Figueiró¹

Cíntia Pinheiro dos Santos¹

Luiz Glock²

Paulo Eduardo Aydos Bergonci¹

Daniel Pereira¹

¹Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS
Av. Ipiranga 6681, 90619-900, Porto Alegre – RS, Brasil

²Instituto do Meio Ambiente da PUCRS
mcmansur@terra.com.br

Submetido em 21/12/2007
Aceito para publicação em 12/08/2008

Resumo

Amostras de agregados de mexilhões dourados (*Limnoperna fortunei*) foram coletadas em janeiro de 2005, em quatro estações de coleta situadas no Delta do Jacuí, Arroio das Garças (DAG) e Canal do Jacuí (DCJ); lago Guaíba, Praia do Veludo (GPV) e Porto das Pombas (GPP), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram mensurados em comprimento e em peso úmido total 180 indivíduos de mexilhão dourado de cada estação de coleta. Por meio do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* ($\alpha = 0,05$), seguido de múltiplas comparações (*SNK*), não foram verificadas diferenças significativas para as variáveis peso úmido ($p = 0,912$) e comprimento ($p = 0,247$) entre as estações de coleta GPV e GPP. No entanto, DAG e DCJ diferenciaram-se entre si e entre as demais estações ($p < 0,001$). Possivelmente as diferenças encontradas podem estar relacionadas às características ambientais dos diferentes ecossistemas (correnteza, disponibilidade de alimento, etc.) e a ação da predação.

Unitermos: mexilhão dourado, invasora, Mytilidae, tamanho, variação espacial

Abstract

Spatial variation of the length and humid weight of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in Jacuí River Delta and Guaíba Lake Basin (Rio Grande do Sul State, Brazil). Natural clusters of golden mussels (*Limnoperna fortunei*) were sampled in January 2005, in four stations of the Jacuí River Delta (Garças Creek (DAG) and Jacuí Channel (DCJ)) and Guaiba Lake (Veludo beach (GPV) and Pombas Pier (GPP)), in Rio Grande do Sul State, Brazil. Measurements of the length and humid weight of 180 collected specimens on each station were tested based on *Kruskal-Wallis* ($\alpha = 0.05$) followed by the *SNK* test of significance for the different populations. This test did not show any significant differences between stations GPV and GPP for the length

($p = 0.247$) or humid weight ($p = 0.912$). However, differences were found between DAG and DCJ for these parameters, which also differed from those found for other stations ($p < 0.001$). Environmental characteristics (water current, food support, etc.) and the effects of predation possibly have some influence on the differences among populations found in this study.

Key words: golden mussel, invasive species, Mytilidae, size, spatial variation

Introdução

A invasão biológica de espécies exóticas é considerada hoje pela comunidade científica como um elemento importante nas mudanças globais e uma ameaça à biodiversidade (Darrigran, 2002).

Até o início da década de 1990, conhecia-se apenas a invasão de bivalves asiáticos do gênero *Corbicula*, que foram introduzidos na bacia do Guaíba em meados da década de 1970 (Veitenheimer-Mendes, 1981).

No início de 1999 foi constatada a presença do mexilhão dourado nas margens do lago Guaíba, Rio Grande do Sul (Mansur et al., 1999). Trata-se de uma espécie exótica de molusco bivalve oriunda do sudeste asiático, pertencente à família Mytilidae. De acordo com Mansur et al. (2003 e 2004a), a introdução do mexilhão dourado na bacia do lago Guaíba aconteceu de maneira não intencional através da água de lastro de navios, provavelmente, oriundos da Argentina, onde a espécie foi registrada pela primeira vez, mais especificamente, no Rio da Prata, em 1991, próximo da cidade de La Plata (Pastorino et al., 1993).

A espécie se fixa por meio de fio de bisso, formando aglomerados sobre substratos duros como rochas, troncos, rizomas de macrófitas aquáticas, carapaças ou conchas de animais bentônicos (Mansur et al., 1999 e 2003). As macroaglomerações, em altas densidades, tem causado alterações estruturais e funcionais nos ecossistemas (Darrigran et al., 1998). Segundo Mansur et al. (2003) a população de mexilhão dourado no lago Guaíba atingiu 140.000 ind/m².

Entre outros prejuízos causados pelo molusco, destacam-se os entupimentos rotineiros em captadoras de água para o abastecimento de cidades da bacia do lago Guaíba e tributários e para a refrigeração de diversas indústrias (Mansur et al. 2004b; Darrigran e Mansur, 2006).

Objetivou-se avaliar a variação espacial no comprimento e do peso úmido total do mexilhão dourado coletado em quatro estações de coleta, sob condições ambientais distintas no delta do rio Jacuí e lago Guaíba.

Material e Métodos

A área de estudo (Figura 1) compreendeu o delta do rio Jacuí e o lago Guaíba, na unidade fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, na região metropolitana de Porto Alegre. O rio Jacuí é o maior contribuinte em aporte de sedimento e volume de água (84%) para a bacia do lago Guaíba. O seu delta apresenta uma série de distributários, dentre os quais podemos citar o Canal do Jacuí e o Arroio das Garças. O lago Guaíba (470km²; altitude de 4m) recebe águas do referido delta, ao norte e deságua na Laguna dos Patos, no sentido NO-SE.

Foram escolhidas quatro estações de coleta com diferentes características ambientais (Figura 1; Tabela 1). A amostragem foi realizada no mês de janeiro de 2005.

Com a utilização de uma base quadrada (10 x 10cm) foram demarcados e removidos aglomerados de mexilhão dourado de superfícies incrustadas nos pilares de trapiches de madeira, situados às margens das estações de coleta. Em cada estação foram obtidas três unidades de amostras aleatórias. O material foi embalado em sacos plásticos e fixado em álcool 70%.

No laboratório, o material foi disposto sobre uma bandeja plástica, os aglomerados foram desmanchados, lavados, quantificados e os espécimes mortos desprezados. Em seguida, selecionaram-se ao acaso, 180 indivíduos de cada unidade de amostra. Estes tiveram suas conchas mensuradas em comprimento com o auxílio de um paquímetro digital (precisão: 0,01mm). Considerou-se o comprimento máximo como a distância da extremidade

TABELA 1: Descritores ambientais das estações de coleta no baixo rio Jacuí e na bacia hidrográfica do lago Guaíba (DAG: Arroio das Garças; DCJ: rio Jacuí, Ilha da Pintada; GPV: Guaíba, Praia do Veludo; GPP, Guaíba, Porto das Pombas).

Características	DAG	DCJ	GPV	GPP
Coordenadas Geográficas	29°58' e 51°13'	30°00' e 51°15'	30°12' e 51°11'	30°20' e 51°02'
Ecossistema*	Distributário: canal secundário, com barrancas.	Distributário: canal principal, com margem arenosa.	Baia, com margem arenosa.	Baia, com margem arenosa.
Manancial	Arroio das Garças	Canal do Jacuí	Lago Guaíba	Lago Guaíba
Dinâmica da água	Correnteza fraca	Correnteza forte	Batimento de ondas	
Substrato	trapiche de madeira			
CONAMA**	Classe 4	Classe 2	Classe 3	Classe 1

*Terminologia dos cursos d'água conforme Menegat et al. (1998). ** Conforme Bendati et al. (2001).

anterior, situada logo abaixo e à frente dos umbos, até a extremidade posterior da concha (Mansur et al., 1987). Após essas medições, os fios de bisso de cada exemplar foram removidos com o auxílio de um bisturi. O peso total úmido (concha + partes moles) foi realizado por meio de balança semi-analítica (precisão: 0,001g).

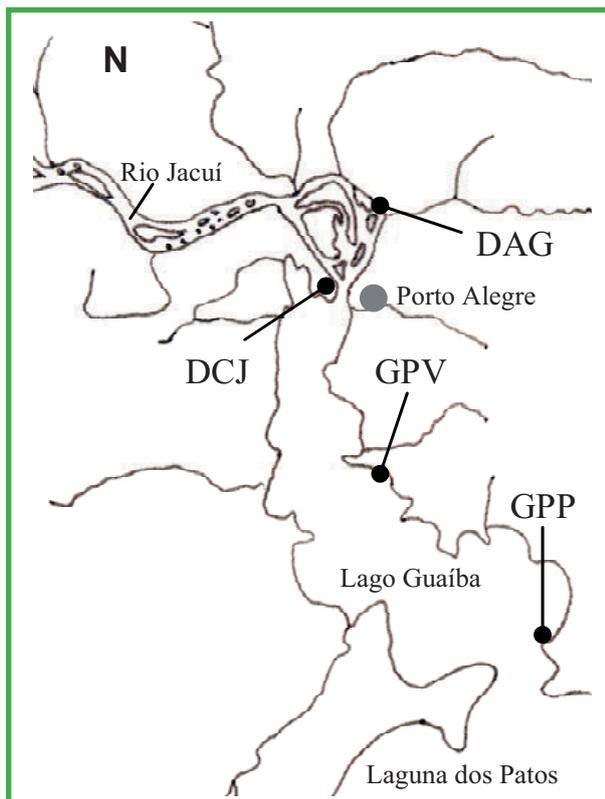


FIGURA 1: Estações de coleta no baixo rio Jacuí e no lago Guaíba, RS, Brasil: 1. Arroio das Garças no Delta do Jacuí (DAG); 2. Canal do Jacuí no Delta do Jacuí (DCJ); 3. Praia do Veludo no lago Guaíba (GPV); 4. Porto das Pombas no lago Guaíba (GPP).

A variação espacial do comprimento e do peso úmido total foi realizada através de análise de variância não paramétrica, por meio do teste de *Kruskal-Wallis* ($\alpha = 0,05$), seguido de múltiplas comparações pelo método de *Student-Newman-Keuls (SNK)*. A escolha do teste não-paramétrico ocorreu após a verificação da não normalidade dos dados obtida pela análise de *Kolmogorov-Smirnov* ($\alpha = 0,05$) para uma amostra (H_0 : dados seguem distribuição normal) (Zar, 1999). A ferramenta utilizada para a obtenção do teste de *Kruskal-Wallis* foi o software Bioestat 4.0, enquanto que para o teste de *Kolmogorov-Smirnov* o pacote estatístico SPSS 11.5.

Resultados

Os valores mínimos e máximos de abundância nos aglomerados foram verificados respectivamente no GPP (333) e DCJ (726) (Figura 2).

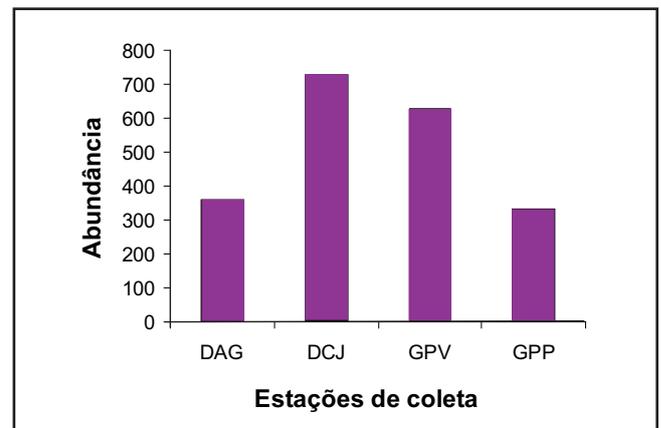


FIGURA 2: Abundância de *Limnoperna fortunei* em trapiche de madeira (Delta do rio Jacuí: Arroio das Garças (DAG) e Canal do rio Jacuí (DCJ); lago Guaíba: Praia do Veludo (GPV) e Porto das Pombas (GPP)).

O total de espécimes ($n = 720$) mensurados, considerando-se todas as estações de coleta, apresentaram o seguinte valor médio de comprimento e erro padrão: $22,44 \pm 0,25$ mm, variando entre $3,57 - 39,96$ mm. A maior média de comprimento foi verificada no aglomerado do DAG ($26,50 \pm 0,27$ mm) e a menor, na DCJ ($20,18 \pm 0,30$) (Tabela 2; Figura 2). A diferença média entre estas duas estações de coleta foi de $6,32$ mm. De acordo com o teste de *Kruskal-Wallis* seguido por comparações pelo método de *SNK*, o DAG, local de maior comprimento médio, diferenciou-se significativamente de todas as demais estações de coleta ($p < 0,0001$). Da mesma forma, o DCJ também se distinguiu significativamente dos demais pontos de coleta ($p < 0,001$). Já os locais GPV e GPP não apresentaram diferenças significativas entre si ($p = 0,247$).

TABELA 2: Variação espacial na biometria do mexilhão dourado *L. fortunei* na bacia hidrográfica do Guaíba (RS, Brasil): média, erro padrão, valor mínimo e máximo (Delta do rio Jacuí: Arroio das Garças (DAG) e Canal do rio Jacuí (DCJ); lago Guaíba: Praia do Veludo (GPV) e Porto das Pombas (GPP)).

	Comprimento total				Peso úmido total			
	Média	EP	MIN	MAX	Média	EP	MIN	MAX
DAG	26,50	0,27	16,68	36,25	0,75	0,02	0,30	1,39
DCJ	20,18	0,30	5,70	29,95	0,24	0,01	0,06	0,42
GPV	21,81	0,33	13,92	39,31	0,39	0,01	0,15	0,60
GPP	21,28	0,53	3,57	39,96	0,46	0,02	0,09	1,50

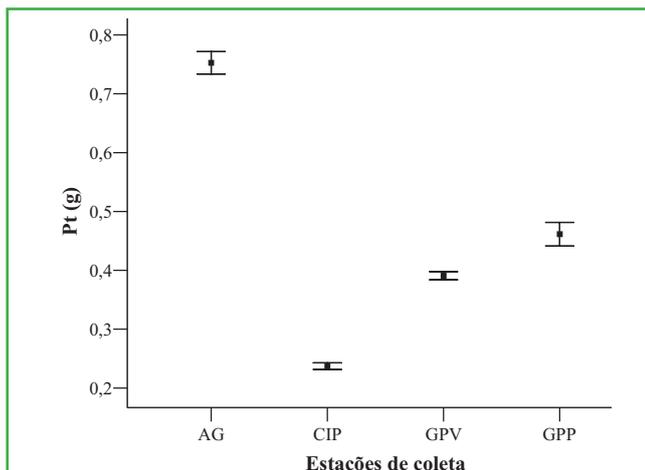


FIGURA 3: Variação espacial do comprimento médio (C) ($\pm ep$) da concha de aglomerados do mexilhão dourado na bacia do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Estações de coleta (Delta do rio Jacuí: Arroio das Garças (DAG) e Canal do rio Jacuí (DCJ); lago Guaíba: Praia do Veludo (GPV) e Porto das Pombas (GPP)).

Com relação ao peso úmido total, os espécimes mensurados apresentaram média de $0,46 \pm 0,01$ g, variando entre $0,06 - 1,50$ g. A maior média de peso foi verificada no DAG ($0,75 \pm 0,02$) e a menor no DCJ ($0,24 \pm 0,01$) (Tabela 2; Figura 4). Os resultados obtidos através da análise de variância não paramétrica seguida de múltiplas comparações (*SNK*) foram bastante semelhantes àqueles que envolveram a variável comprimento. De todas as múltiplas comparações realizadas *a posteriori* apenas o GPV e o GPP não apresentaram diferença significativa ($p = 0,912$), sendo todos os demais pontos de coleta diferenciados significativamente entre si ($p < 0,0001$).

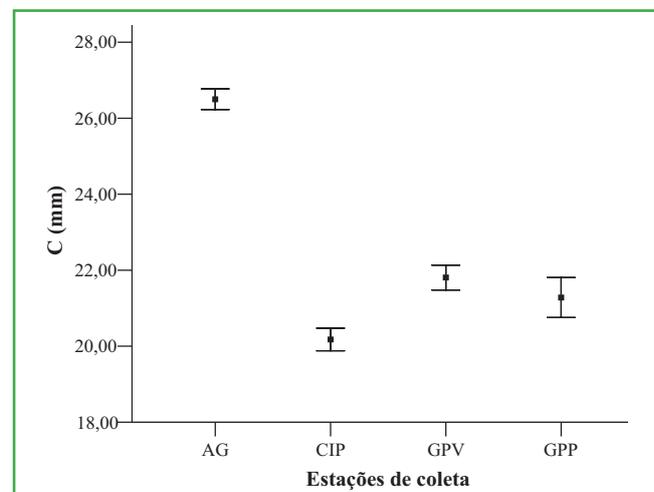


FIGURA 4: Variação espacial do peso total úmido médio (Pu) ($\pm ep$) do mexilhão dourado na bacia do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Estações de coleta (Delta do rio Jacuí: Arroio das Garças (DAG) e Canal do rio Jacuí (DCJ); lago Guaíba: Praia do Veludo (GPV) e Porto das Pombas (GPP)).

Discussão

A constatação de maiores valores médios de comprimento da concha de *L. fortunei* no Arroio das Garças (canal secundário com baixa correnteza), e menores no Canal do Jacuí (canal principal com alta correnteza), corrobora com a observação de Selin e Lysenko (2006) referente ao Mytilidae *Mytilus trossulus* Gould, 1850. Os autores constataram que espécimes oriundos de praias expostas a ação das ondas apresentaram menor tamanho, tendo seu crescimento inibido, enquanto que espécimes ocorrentes em praias protegidas apresentaram maior tamanho, além de forma diferenciada da concha. Galinou-Mitsoudi e Sinis (1995)

observaram que outro Mytilidae, *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) apresentou menor crescimento e colonização em profundidades de até um metro, estando sujeito a ação das ondas. Quando comparadas populações de uma mesma espécie, provenientes de diferentes localidades, estas podem apresentar modificações morfofisiológicas e comportamentais decorrentes de influências do ambiente em que se encontram (Callil et al., 2007).

A população com menor comprimento médio e maior densidade média ocorreu no ambiente com maior correnteza (Canal do Jacuí). De forma contrária, os animais expostos a ambientes de corrente lenta (Arroio das Garças) tenderam a apresentar aglomerados menos compactos, com indivíduos de maior tamanho. Não existem dados experimentais que comparem a adesão pelo bisso em diferentes níveis de correnteza. Morton (1973) relata que em águas de correnteza forte o bisso dificulta o descolamento do *L. fortunei* que se concentra mais em frestas e concavidades. Para outro bivalve de água doce, também bissado, da família Dreissenidae (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)), Okamura (1986) e Karatayev et al. (2006) observaram que a correnteza elevada foi um fator inibidor do crescimento desta espécie.

A constatação de maiores valores médios de peso total de *L. fortunei* no Arroio das Garças poderia ser atribuída a maior disponibilidade de alimento e substrato neste local. O DAG apresenta o maior nível de poluição e eutrofização dentre as demais estações de coleta (Faria e Lersch, 1998; Bendati et al., 2001). O enriquecimento orgânico de um ecossistema aquático aumenta a produção planctônica. Segundo Silva (2006), em contato com alimentação adequada (*Chlorella* sp., *Spirulina* sp. e *Scenedesmus* sp.), sob condições laboratoriais, *L. fortunei* pode aumentar sua massa corpórea em até 240% em 75 dias, enquanto que, espécimes sem alimento podem resistir até 63 dias sem incremento de peso. O fator alimentação pode, provavelmente, ter contribuído para as diferenças em peso verificadas entre o DCJ e o DAG.

Apesar de não ter sido realizada uma avaliação mais acurada referente à capacidade e força de aderência dos fios de bisso em cada população ao substrato observou-

se que os aglomerados do Arroio das Garças eram facilmente descolados do substrato que a população do Canal do Jacuí. É possível, assim, que os espécimes encontrados em ambientes dinâmicos (correnteza forte) tendem a investir maior energia no processo de fixação do bisso para sua segurança ao substrato e menor energia no crescimento.

As diferenças de tamanho entre as populações amostradas poderiam estar também relacionadas à influência da predação por peixes, como observaram Kitching e Ebling (1967) para populações de um Mytilidae marinho na baía de Lough Ine (Irlanda). Os peixes jundiá (*Rhamdia quelem*), pintado (*Pseudoplatistoma* sp.) e piava (*Leporinus obtusidens*) se destacam como predadores de *L. fortunei* na bacia do lago Guaíba (Silveira et al., 2003) e na bacia do rio da Prata (Garcia e Protogino, 2005; Penchaszadeh et al., 2000). Porém, ainda não foi realizado um estudo direcionado a seletividade de tamanho pelos peixes predadores de *L. fortunei*.

Os dados apresentados e discutidos apontam para direcionamentos de futuras investigações sobre esta espécie invasora nas áreas do delta do Jacuí e lago Guaíba. As variações biométricas poderiam ser mais bem elucidadas por meio de um estudo no período mínimo de um ano. Além disto, outras variáveis poderiam ser mensuradas, como a largura e a altura da concha, os pesos úmido e seco das partes moles e o peso da concha. Estas variáveis biométricas poderiam contribuir para a determinação do índice de condição nas diferentes localidades da área de estudo. Também poderiam ser correlacionadas estatisticamente com as variáveis ambientais (correnteza, qualidade de água, batimento de ondas, precipitação atmosférica, composição e riqueza fitoplanctônica).

Agradecimentos

À FAPERGS (auxílio PROADE 2, nº 02/1527.8). Ao Programa PET/MEC. Ao Prof. Dr. Jeter Bertolotti da PROEX. Ao superintendente da CORSAN Marinho Emílio Graff.

Referências

- Bendati, M. M.; Schwarzbach, M. S. R.; Maizonave, C. R. M.; Almeida, L. B.; Bringhenti, M. L. 2001. Avaliação da qualidade da água do lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) como suporte para a gestão da bacia hidrográfica. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, Brasil, p.20.
- Callil, C. T.; Mansur, M. C. D.; Marcelo, M. S. 2007. Bivalves invasores no Pantanal. In: Santos, S. B.; Pimenta, A. D.; Thiengo, S. C.; Fernandez, M. A. & Absalão, R. S. (Orgs). **Tópicos em Malacologia – Ecos do XVIII EBRAM**, Rio de Janeiro, Brasil, p.87-100.
- Darrigran, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland fresh water environments. **Biological Invasions**, **4**: 145-156.
- Darrigran, G.; Damborenea, M. C.; Penchaszadeh, P. E. 1998. A case of hermaphroditism in the freshwater invading bivalve *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from Rio de la Plata, Argentina. **Iberus**, **16** (2): 99-104.
- Darrigran, G. E.; Mansur, M. C. D. 2006. Distribuição, abundância e dispersão. In: Darrigran, G. A. & Damborenea, C. (Eds). **Bio-invasión del mejillón dourado en el continente americano**. Edulp, La Plata, Argentina, p.93-110.
- Faria, C. M.; Lersch, E. C. 1998. **Delta do Jacuí: Águas e sedimento**. DMAE, Porto Alegre, Brasil, 56pp.
- Galinou-Mitsoudi, S.; Sinis, A. I. 1995. Age and growth of *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Mytilidae), based on annual growth lines in the shell. **Journal of Molluscan Studies**, **61**: 435-453.
- Garcia, M. L.; Protogino L. C. 2005. Invasive freshwater molluscs are consumed by native fishes in South America. **Journal of Applied Ichthyology**, **21**: 34-38.
- Karatayev, A. Y.; Burlakova, L. E.; Padilla, D. K. 2006. Growth rate and longevity of *Dreissena polymorpha* (Pallas): A review and recommendations for future study. **Journal of Shellfish Research**, **25**: 23-32.
- Kitching, J. A.; Ebling, F. J. 1967. Ecological studies at lough ine. **Advances in Ecological Research**, **4**: 197-291.
- Mansur, M. C. D.; Cardoso, F. R.; Ribeiro, L. A.; Santos, C. P.; Thormann, B. M.; Fernandes, F. C.; Richinitti, L. M. Z. 2004b. Distribuição e conseqüências após cinco anos da invasão do mexilhão dourado, *Limnoperna Fortunei* (Dunker, 1857), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae). **Biociências**, **13** (1): 165-172.
- Mansur, M. C. D.; Quevedo, C. B.; Santos, C. P.; Callil, C. T. 2004a. Prováveis vias da introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos registros de invasão no Brasil pelas Bacias do Paraná e Paraguai. In: Silva, J. S. V. & Souza, R. C. C. L. (Eds). **Água de lastro e Bioinvasão**. Interciências, Rio de Janeiro, Brasil, p.33-38.
- 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.
- 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.
- Menegat, R.; Hasenack, H.; Carraro, C. C. 1998. As formas da superfície: síntese do Rio Grande do Sul, RS, Brasil. In: Menegat, R. (coord.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. UFRGS, Porto Alegre, Brasil, p.35-42.
- Morton, B. 1973. Some aspects of the biology and functional morphology of the organs of feeding and digestion of *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Bivalvia: Mytilacea). **Malacologia**, **12** (2): 265-281.
- Okamura, B. 1986. Group living and the effects of spatial position in aggregations of *Mytilus edulis*. **Oecologia**, **69** (3): 341-347.
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S.; Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en água del rio de La Plata. **Neotropica**, **39** (101/102): 34.
- Penchaszadeh, P. E.; Darrigran, G.; Ângulo, C.; Averbuj, A.; Brögger, M.; Dogliotti, A.; Pérez N. 2000. Predation of the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1846 (Anostomidae) in the Rio de La Plata, Argentina. **Journal of Shellfish Research**, **19** (1): 229-231.
- Silva, D. P. 2006. **Aspectos bioecológicos do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae)**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná (UFP), Brasil, 123pp.
- Silveira, C. M. 2003. Predação do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae) pela piava *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1846) no Lago Guaíba, Porto Alegre, RS. **Anais de Trabalhos Completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil**, Fortaleza, Brasil, p.237-237.
- Selin, N. I.; Lysenko, V. N. 2006. Size and age composition of populations and growth of *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) in the subtidal area of western Kamchatka. **Russian Journal of Marine Biology**, **32** (6): 360-368.
- Veitenheimer-Mendes, I. L. 1981. *Corbicula manilensis* (Philippi, 1844), molusco asiático, na bacia do rio Jacuí e do Guaíba, RS, Brasil (Bivalvia, Corbiculidae). **Iheringia, Série Zoologia**, **60**: 63-74.
- Zar, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall, New Jersey, USA, 662pp.