

VARIAÇÃO DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RELAÇÃO À COMPOSIÇÃO DO SEDIMENTO EM ESTUÁRIOS TROPICAIS

Erlâiny Mileny Marques Silva¹; Gustavo Alef Dantas Palmeira²; Janailma Mayara de Moraes³; Joseline Molozzi⁴

^{1,2,3}Universidade Estadual da Paraíba, graduação em Ciências Biológicas. e-mail:

erlainymileny@yahoo.com.br; guguinhaallef@hotmail.com; janamorais1@gmail.com

⁴Departamento de Biologia/ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba - Campus I, Av. Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP: 58429-500, Campina Grande-PB. e-mail: jmolozzi@gmail.com

Resumo: Os ecossistemas estuarinos são reconhecidos pela mistura das águas doce e salgada, que suporta uma grande diversidade de fauna e flora e possui uma grande variabilidade de habitats. Entre a diversidade faunística dos ecossistemas estuarinos destaca-se os macroinvertebrados bentônicos, que podem ser utilizados como bioindicadores em relação as condições ambientais do ecossistema. A composição do sedimento pode influenciar diretamente a macrofauna bentônica, onde sedimento com partículas finas podem reduzir a abundância da macrofauna bentônica através da diminuição de refúgios e disponibilidade de habitats. O objetivo desse estudo foi avaliar a variação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em relação à composição do sedimento em estuários tropicais no semiárido. As amostras da comunidade foram realizadas em dois estuário, Paraíba do Norte e Mamanguape. Em cada estuário foram estabelecidas 4 zonas, partindo de montante para a jusante. Em cada zona foram amostrados 3 ponto, e em cada ponto três subamostragens. Em cada ponto também foram coletas amostras de sedimento para análise da composição granulométrica. Para avaliar diferenças para a abundância e riqueza da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, e da composição do sedimento foi utilizada uma análise de significância PERMANOVA. A comunidade dos estuários Paraíba do Norte e Mamanguape foi representada por 6.140 indivíduos, onde os mais representativos foram *Laeonereis*, *Anomalocardia brasiliana*, a classe Ostracoda e o diptera *Polypedilum*, com diferenças significativas tanto para a abundância como para a riqueza da comunidade. Em relação ao sedimento, ocorreu uma variação na composição granulométrica ao longo dos estuários Paraíba do Norte com maiores proporções de silte. No estuários do rio Mamanguape as maiores proporções foram de argila, silte, areia média e cascalho. A composição do sedimento influenciou a abundância e riqueza da macrofauna bentônica nos estuários estudados.

Palavras-Chave: Macrofauna bentônica, Substrato, Biodiversidade, Semiárido.

Introdução

Os ecossistemas estuarinos são conhecidos pelas misturas de água doce dos rios, e de água salgada do mar, sendo bastante conhecidos por suportar uma grande diversidade de fauna e flora de ambos ambientes (ODUM; BARRET, 2007; POTTER et al., 2010; RICKLEFS, 2010). A mistura das águas nos estuários favorece o surgimento de uma grande variabilidade de habitats em que as espécies podem habitar (ex: sedimento arenoso, lodoso, com ou sem vegetação) (GARCIA e VIEIRA, 1997; VIEIRA et al., 1998).

Entre a fauna que habita nos ecossistemas estuarinos, estão presentes os macroinvertebrados bentônicos, que possui uma ampla distribuição e diversidade ao decorrer dos estuários (TWEEDLEY et al., 2012). Esses organismos podem responder a diferentes graus de distúrbio em relação a poluição orgânica, atuando como bioindicadores das condições ecológicas dos estuários, e podem executar funções ecossistêmicas, como auxiliar na decomposição de dejetos orgânicos, na alternância de nutrientes, e também na transformação e fluxo de energia nos ecossistemas (CALLISTO et al., 2000).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é caracterizada por sua relação direta com o sedimento, onde o sedimento com partículas mais finas pode atuar na redução da abundância de macroinvertebrados bentônicos. Essa redução de abundância pode ocorrer pela ausência de refúgios e habitats adequados para seu desenvolvimento e reprodução (KURTAK, 1978; JONES et al., 2012). Por outro lado, substratos mais heterogêneos são os principais impulsionadores da riqueza e abundância da comunidade bentônica por ter maior quantidade de recursos alimentares e disponibilidade de abrigos, podendo servir também na proteção contra predadores e contra as correntes. (HYNES, 1970; CALLISTO & ESTEVES, 1996; KOVALENKO et al., 2012; COPATTI et al., 2013).

Os substratos estuarinos são constantemente alterados pela dinâmica e funcionamento desses ecossistemas determinando a distribuição e composição dos organismos. Diante disso, o objetivo desse estudo é avaliar a variação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em relação a composição do sedimento em estuários de clima tropical.

Materiais e métodos

ÁREA DE ESTUDO

Dois estuários que divergem em termo de uso e ocupação do solo foram selecionados para realizar o estudo: O estuário Paraíba do Norte ($6^{\circ}54'14''$ - $7^{\circ}07'36''$ S; $34^{\circ}58'16''$ - $34^{\circ}49'31''$ W) e Mamanguape ($6^{\circ}43'02''$ - $6^{\circ}51'54''$ S; $35^{\circ}67'46''$ - $34^{\circ}54'04''$ W). As temperaturas médias da região onde estão inseridos os estuários variam de 25 a 30°C.

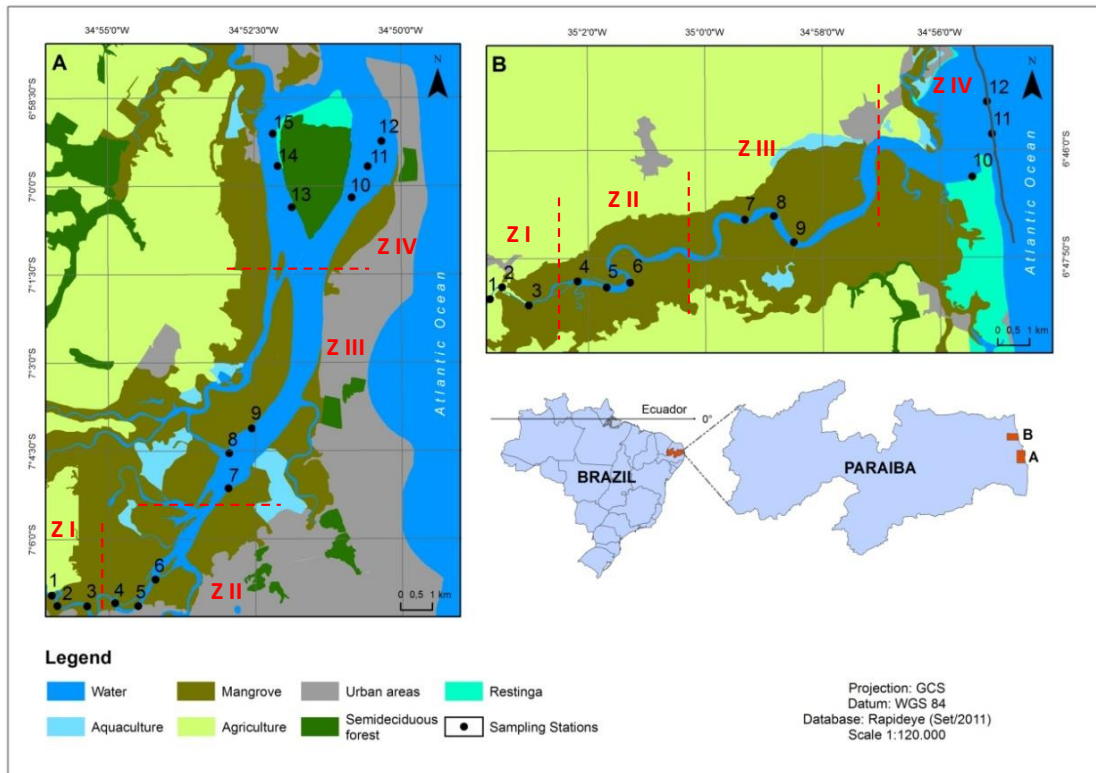


Figura 1. Localização geográfica dos estuários Paraíba do Norte (A) e Mamanguape (B) no estado da Paraíba, Brasil, e suas zonas amostradas definidas como I, II, III e IV.

O estuário do rio Paraíba do Norte (Figura 1A) é um estuário urbanizado, com uma população com cerca de 1.000.000 habitantes (IBGE, 2014). Devido a essa população o estuário sofre intensas atividades antrópicas em seu entorno (MARCELINO et al., 2005). O estuário estende-se por cerca de 22 km (GUEDES et al., 2011).

O estuário do rio Mamanguape (Figura 1B) é um estuário mais conservado, com uma população de cerca de 66,000 habitantes (IBGE, 2014), faz parte de uma Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra de Mamanguape. Essa APA foi criada para proteger a grande diversidade biológica da região (Mata Atlântica, manguezais, recifes costeiros, mata de restinga, dunas e falésias).

Embora, no entorno do estuário ainda exista áreas onde são exercidas intensas atividades antrópicas voltadas ao cultivo de cana-de-açúcar.

DELINEAMENTO AMOSTRAL

Quatro zonas subtidais (zona I, zona II, zona III e zona IV) (Figura 1) foram amostradas para definir e caracterizar os habitats subtidais dos estuários Paraíba do Norte e Mamanguape partindo de montante para jusante (rio-foz). Em cada zona, foram estabelecidos três pontos de amostragem e em cada ponto foram realizadas três unidades amostrais (Mamanguape: Pontos 1 - 3 – zona I, Pontos 4 - 6 – zona II, Pontos 7 - 9 – zona III e Pontos 10 - 12 – zona IV; Paraíba: Pontos 1 - 3 – zona I, Pontos 4 - 6 – zona II, Pontos 7 - 9 – zona III e Pontos 10 - 15 – zona IV).

MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

As coletas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos subtidais foram realizadas em Novembro de 2013, período de seca na região. A macrofauna bentônica foi amostrada com uma draga tipo van Veen (0,1 m²). O sedimento coletado foi fixado *in situ* com formol a 4% tamponado e posteriormente lavadas em laboratório com peneiras com abertura de malha 0,5 mm. Os organismos coletados foram identificados até menor nível taxonômico possível com o auxílio de chaves taxonômicas especializadas para Polychaeta (AMARAL; NONATO, 1996; AMARAL et al., 1996), Mollusca (RIOS, 1985; MIKKELSEN; BIELER, 2008; TUNNELL et al., 2010), Diptera (TRIVINHO-STRIXINO, 2011) e Crustacea (MUGNAI et al., 2010).

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO

As amostras de sedimento foram obtidas com auxílio de uma draga van Veen (500 cm²), em cada ponto de amostragem. Para análise da composição granulométrica de acordo

o tamanho das partículas de sedimento foram avaliadas, as amostras foram secas em estufa a 60°C durante 72 horas, com posterior agitação em peneiras mecânicas. As partículas do sedimento coletadas em cada ponto de amostragem foram categorizadas em seis classes: Cascalho (> 1 mm); Areia grossa (500-1000 µm); Areia média (250-500 µm); Areia fina (125-250 µm); Silte (125-63 µm) e Argila (<63 µm) (CALLISTO; ESTEVES, 1996).

ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar diferenças significativas entre a abundância e riqueza da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e composição do sedimento foi utilizada uma análise de significância PERMANOVA, (Permutational Multivariate Analysis of Variance) (ANDERSON et al., 2008). Para isso, dois fatores foram estabelecidos: estuários (dois níveis: Paraíba do Norte e Mamanguape) e zonas (quatro níveis: I, II, III e IV). Os parâmetros biológicos foram transformados em raiz quadrada e “Bray Curtis” foi utilizado como medida de dissimilaridade. Os dados da composição granulométrica foram transformados em “arcoseno”. Foram consideradas diferenças significativas com $\alpha \leq 0,05$, utilizando 9999 permutações.

Para estabelecer qual tipo de sedimento direcionou a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos estuários Paraíba do Norte e Mamanguape foram realizadas análises BIOENV.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa PRIMER-6 + PERMANOVA (Systat Software, Cranes Software International Ltd. 2008).

Resultados e Discussão

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos estuários Paraíba do Norte e Mamanguape foi representada por 6.140 indivíduos. No estuário Paraíba do Norte, 1.249 indivíduos foram identificados, distribuídos em 57 táxons, com maior representatividade do polychaeta *Laeonereis* (41%), *Anomalocardia brasiliiana* (4%) e Ostracoda (4%). No estuário do Mamanguape, 4.891 indivíduos representaram a macrofauna bentônica, destes os mais

representativos foram *Polypedilum* (70%), *Laonereis* (18%) e Ostracoda (3%).

Houve diferenças significativas quanto a abundância, entre os estuários Paraíba do Norte e Mamanguape PERMANOVA (Pseudo- $F_{1,23}=2,2552;p=0,0267$), assim como para as zonas no gradiente estuarino (Pseudo- $F_{3,23}= 4,7344;p=0,0001$). A salinidade e as características dos sedimentos são os fatores primordiais para a definição de uma dada comunidade, influenciando diretamente na composição do ecossistema (ROSA-FILHO et al., 2006). Nos estudos de ROSA-FILHO (2006), no estuário do rio Caeté (PA) o sedimento foi um fator determinante na distribuição das espécies bentônicas, visto que nessas áreas houve maiores proporções do sedimento silte-arenoso, com maiores proporções de espécies escavadoras. Como Manino e Montagna (1997), que explica que o aumento da diversidade tende a ser maior em sedimentos arenosos, as espécies tiveram maior preferência por esse tipo de sedimento, o que está relacionado ao grupo trófico funcional das espécies.

A riqueza dos macroinvertebrados bentônicos para os estuários Paraíba do Norte e Mamanguape foi mais representativa na zona IV (Figura 2). Houve diferenças significativas para a riqueza entre os estuários (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,23}=1,266E-2;p=0,9263$), e entre as zonas (Pseudo- $F_{3,23}=6,7779;p=0,0073$) (Figura 2).

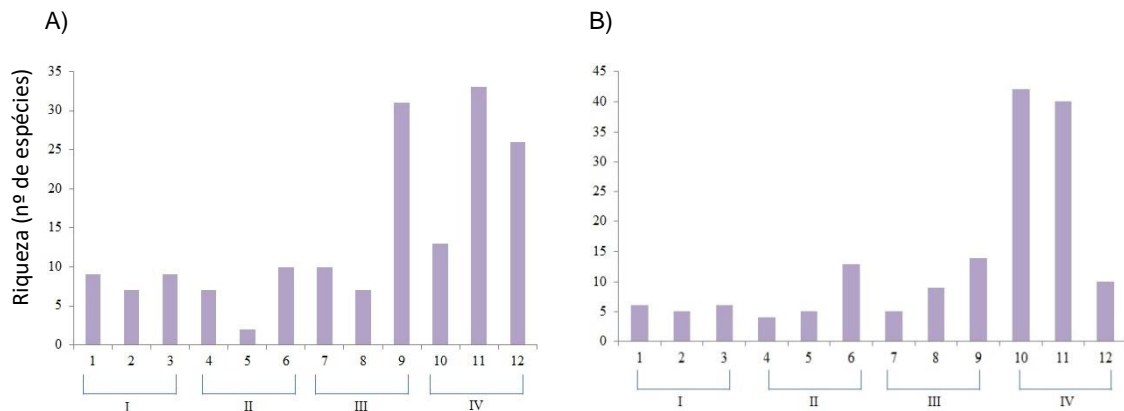


Figura 2: Representação do número de espécies (riqueza) ao longo das zonas (I, II, III e IV) nos estuários Mamanguape (A) e Paraíba do Norte (B).

A composição do sedimento foi distinta entre os estuários Mamanguape e Paraíba do Norte (Figura 3), com maiores proporções de areia média em Mamanguape (Figura 3A) e de areia fina (3B) no estuário Paraíba do Norte.

No estuário Paraíba do Norte, o sedimento variou entre as zonas dos estuários, com maiores proporções de areia média nas zonas II e III e areia grossa na zona IV (Figura 3A). No estuário Mamanguape na zona I foi identificado maiores proporções de areia grossa e areia fina nas zonas II, III e IV (Figura 3B). Houve diferenças significativas entre os estuários, (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,23}=5,2177;p=0,007$) entre as zona (Pseudo- $F_{3,23}=2,3094;p=0,054$).

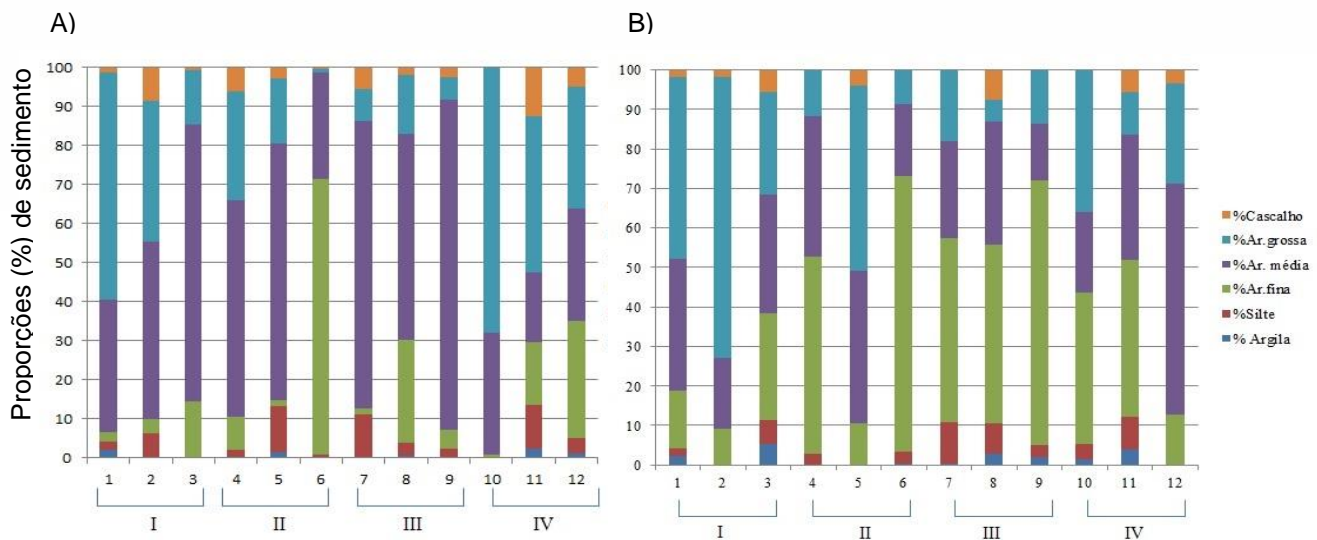


Figura 3: Representação das proporções (%) de sedimento no estuários Mamanguape (A) e Paraíba do Norte (B) nas zonas I, II, III e IV.

A composição do sedimento que teve maior correlação com a abundância na comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi argila, silte, areia média e cascalho (correlação de 0,149) para o estuário do Mamanguape. Para o estuário do Paraíba do Norte o tipo de sedimento que teve maior influência na diversidade da comunidade foi o silte (correlação de 0,082). A preferência por determinado tipo de sedimento, pode estar relacionada a velocidade da água, que é considerado um fator importante na estrutura de comunidades por influenciar na sedimentação das partículas, principalmente para a comunidade bentônicas (MERRIT; CUMMINS, 1984). Como foi analisado nos estudos de Fittkau, (1957) que ambientes com maior velocidade da corrente tende a apresentar uma menor qualidade de sedimento fino, em decorrência do intenso fluxo de nutrientes.

No estuário do Paraíba do Norte, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi mais representada por *Laeonereis*, sendo uma espécie que predomina em substratos arenoso de regiões oligohalina de estuários, dominante devido à sua instabilidade física, química e hidrodinâmica (AMARAL et al., 1998; SANTOS; LANA, 2001; ROSA-FILHO et al., 2006). *Laeonereis* é um indicador de locais enriquecidos organicamente, além de ser uma espécie que possui uma alimentação superficial e característica de ambientes com baixa salinidade (AMARAL et al., 1998; SANTOS; LANA, 2001; ROSA-FILHO et al., 2006). *Polypedilum* foi mais representativa na comunidade do estuário Mamanguape, pois sua dominância esta relacionada com locais que possuem melhor qualidade ambiental (MOLOZZI et al., 2013).

As espécies bentônicas tendem a responder a heterogeneidade ambiental (MARKLE et al., 2003). No entanto, as mudanças que a comunidade sofre, como por exemplo, os grupos funcionais e, os hábitos alimentares, respondem as variações da correnteza e o tipo de sedimento ao longo dos estuários, como foi observado nesse estudo.

Nossos resultados mostraram que a comunidade de macroinvertebrados bentônicos variou em relação a composição do sedimento, com uma preferência por um sedimento mais fino, além de notar que a riqueza da comunidade de ambos os estuários aumenta conforme o estuário tem maior influencia da água do mar, ou seja, quando mais aumenta o nível de salinidade do ecossistema. Contudo, estudos mostram que a avaliação da qualidade do sedimento em estuários, é importante para refletir na qualidade dos ambientes aquáticos, pois os compostos orgânicos e a matéria orgânica é representado em alterações da estrutura da comunidade (PEARSON; ROSENBERG, 1978; QUINTINO et al., 1989; POWER et al., 1991; LAMBERSON et al., 1992; CHAPMAN, 1995; CHAPMAN, 2004; SILVA et al., 2004; ADAMS, 2005; CASTRO et al., 2006).

Conclusão

A composição do sedimento em estuários tropicais influenciou a abundância e riqueza da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. A maior riqueza foi observada no estuário com partículas de sedimento mais fino. Outros fatores como o gradiente salino do estuário também pode ter influenciado a distribuição da macrofauna bentônica ao longo dos estuários.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Ecologia de Bentos, a Universidade Estadual da Paraíba pelo apoio e ao financiamento pelo Projeto PVE No. 173/2012 "Que lições retiradas do funcionamento ecológico em sistemas estuarinos da Paraíba? Análise do efeito de perturbações naturais e antrópicas no âmbito do programa brasileiro ciência sem fronteiras (Pesquisador visitante especial).

Referências

- ADAMS, S. M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine systems. *Marine Pollution Bulletin*, v.51, p. 649–657, 2005.
- AMARAL, A. C.; NONATO, E. F. Annelida Polychaeta - características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1996.
- AMARAL, A. C.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. Polychaetes as bioindicators of organic pollution on the beaches of São Paulo. *Revista brasileira de biologia*, v. 58, n. 2, p. 307-319, 1998.
- ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E. Plymouth, 2008.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnol. Bras.* v.8, p. 115- 126, 1996.
- CALLISTO, M.; MARQUES, M. M.; BARBOSA, F. A. R. Deformities in larval *Chironomus* (Diptera, Chironomidae) from the piracicaba river, southeast Brazil. *Ver. internat. Verein. Limnol*, v.27 (in press), 2000.
- CASTRO, H.; RAMALHEIRA, F.; QUINTINO, V.; RODRIGUES, A.M. Amphipod acute and chronic sediment toxicity assessment in estuarine environmental monitoring: An example from Ria de Aveiro, NW Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, v.53, p. 91–99, 2006.
- CHAPMAN, P. M. Ecotoxicology and Pollution-Key Issues. *Marine Pollution Bulletin*, v. 31, p.167-177, 1995.
- CHAPMAN, P.M. Indirect effects of contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, v.48, p. 411–412, 2004.

FITTKAU, E. On the ecology of amazonian rain-forest streams. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, v.3, p. 97-108, 1957.

GARCIA, A. M.; VIEIRA, J. P. Abundância e diversidade da assembléia de peixes dentro e fora de uma pradaria de *Ruppia maritima* L., no estuário da Laguna dos Patos. Atlântica, Rio Grande, v.19, p. 61-181, 1997.

GUEDES, L. S.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Caracterização da morfologia de fundo da porção estuarina do canal do Rio Paraíba do Norte por meio do Sonar de Varredura Lateral e do Ecobatímetro. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p. 3538-3544, 2011.

HYNES, H. B. N. The Ecology of Runnig Waters. Liverpool University press, Liverpool, 1970.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/232BX>. Acesso em: 24 nov. 2014.

JONES, J. I.; MURPHY, J. F.; COLLINS, A. L.; SEAR, D. A.; NADEN P. S.; ARMITAGE, P. D. The impact of fine sediment on macro-invertebrates. Riv. Res. Appl, v.28, p. 1055–1071, 2012.

KOVALENKO, K. E.; THOMAZ, S. M.; WARFE, D. M. Habitat complexity: approaches and future directions. Hydrobiologia, v. 685, p. 1–17, 2012.

KURTAK D. C. Efficiency of filter feeding of black fly larvae (Diptera Simuliidae). Canadian Journal of Zoology, v.56, p.1608–1623, 1978.

LAMBERSON, J.O.; DEWITT, T.H.; SWARTZ, R.C. Assessment of sediment toxicity to marine benthos. In: Burton, GA (Ed.). Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, p. 183-211, 1992.

MANINO, A.; MONTAGNA, P. A. Small-scale spatial variation of macrobenthic community structure. Estuaries Estuaries Estuaries Estuaries Estuaries, v. 20, p. 159-173, 1997.

MARCELINO, R. L. et al. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do Estuário do Rio Paraíba do Norte, estado da Paraíba. Tropical Oceanography, v. 33, p. 183-197, 2005.

MAKLE, D.R.; PETRY, P.; BAYLEY, P.B. Relationships between fish assemblages macrophytes and environment gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, v.63, p.547–579, 2003.

MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2a ed., Dubuque, Kendall/Hunt, p.722,1984.

MIKKELSEN, P. M.; BIELER, R. Seashells of southern Florida: living marine mollusks of the Florida Keys and adjacent regions, Bivalves. Princeton: Princeton University Press, 2008.

MOLOZZI, J. et al. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. *Environmental monitoring and assessment*, v. 185, n. 8, p. 65916606, 2013.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos. Technical Books Editora, 2010.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. Fundamentos de Ecologia. 5ªed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PEARSON, T. H.; ROSENBERG, R. Macrobenthique succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Revue*, v. 16, p. 229–311, 1978.

POTTER, I. C. et al. The concept of an estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 87, n. 3, p. 497-500, 2010.

POWER, E.A.; MUNKITTRICK, K.R.; CHAPMAN, P.M. An ecological impact assessment framework for decision-making related to sediment quality. In: Mayes, M.A., Barron, M.G. (Eds.), *Aquatic Toxicity and Risk Assessment, Fourteenth Volume, ASTM STP 1124*. American Society for Testing and Materials, p. 48–64, 1991.

QUINTINO, V.; RODRIGUES A.M.; GENTIL, F. Assessment of macrozoobenthic communities in the lagoon of Obidos, western coast of Portugal. *Scientia Marina*, v.53, p. 645–654, 1989.

RIOS, E. C. Seashells of Brazil. In Seashells of Brazil. Museu Oceanográfico da Fundação Universidade do Rio Grande, 1985.

ROSA FILHO, J.S.; BUSMAN, D. V.; VIANA, A. P.; GREGORIO, A. M.; OLIVEIRA, D. M. Macrobenthos of unvegetated intertidal zones in the Caeté river estuary, Bragança, Pará. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 3, p. 109-121, set-dez. 2006.

SANTOS, C. S. G.; LANA, P. C. Nereididae (Annelida, Polychaeta) da costa nordeste do Brasil. Gêneros Namalycastis, Ceratocephale, Laeonereis e Rutillienereis . Iheringia, Ser Iheringia, Ser Iheringia, Ser Iheringia, v. 91, p. 137-149, 2001.

SILVA, S.; RÉ, A.; PESTANA, P.; RODRIGUES, A.M.; QUINTINO, V. Sediment disturbance off the Tagus Estuary, Western Portugal: chronic contamination, sewage outfall operation and runoff events. Marine Pollution Bulletin, v.49, p. 154–162, 2004.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: gráfica UFScar, 2011.

TUNNELL, J. R. J. W. et al. Encyclopedia of Texas Seashells: Identification, Ecology, Distribution, and History. Texas: A&M University Press, 2010.

TWEEDLEY, J. R. et al. The use of benthic macroinvertebrates to establish a benchmark for evaluating the environmental quality of microtidal, temperate southern hemisphere estuaries. Marine pollution bulletin, v. 64, n. 6, p. 1210-1221, 2012.