

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Biológicas
Núcleo de Estudos do Mar

**Análise sazonal da comunidade bêntica macrofaunal de
uma bacia hidrográfica costeira do Sul do Brasil**

Amanda Firmino Cerveira

Orientador: Prof. Dr. Paulo Paglios

Florianópolis, Julho 2013

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Biológicas
Núcleo de Estudos do Mar

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

Análise sazonal da comunidade bêntica macrofaunal de uma bacia hidrográfica costeira do Sul do Brasil

Amanda Firmino Cerveira

Orientador: Prof. Dr. Paulo Pagliosa

Trabalho de Conclusão de curso submetido a
Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito para obtenção de grau
em Bacharel em Ciências Biológicas.

Florianópolis, Julho 2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

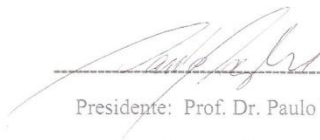
A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor

Maiores informações em:

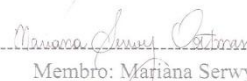
<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Análise sazonal da comunidade bêntica macrofaunal de uma bacia hidrográfica costeira do Sul do Brasil

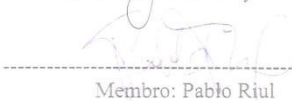
Trabalho de Conclusão de curso submetido a
Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito para obtenção
do grau de Bacharel em Ciências Biológicas



Presidente: Prof. Dr. Paulo Pagliosa



Membro: Mariana Serwy Oortman



Membro: Pablo Riul

Membro Suplente: Eduardo Sorriano-Sierra

*A vida é feita de muitos momentos,
se soubermos aproveitá-los com sabedoria,
com certeza viveremos sem muitos arrependimentos*

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a meus pais, Jaime e Regina, pelo apoio de sempre, motivação, carinho, suporte necessário e, principalmente, agradeço a minha criação, ajudando a formar a pessoa que sou hoje.

À minha maninha, Thais, que também sempre me deu forças para seguir meus sonhos e esteve ao meu lado, mesmo que em pensamento. A saudade é grande.

Agradeço ao meu orientador Paulo Roberto Pagliosa pelo aprendizado (muito!), pela dedicação e também paciência.

À meus companheiros do NEMAR pelas conversas, risadas, descontrações e aprendizado do dia-a-dia. É realmente muito bom encontrá-los todos os dias. Cada um com seu jeitinho, completando o outro (adoro!).

À mestra Leticia Frozza Teive, pelo tempo e ensinamento durante a identificação e análises (Gratidão!).

À mestranda Mariana Serwy, pelo aprendizado durante as triagens.

Ao meu amado e companheiro, Roberto Chaves, pelo amor, força e paciência de sempre.

À minha amada irmã Anastácia, um dos meus principais pilares de sustentação nessa vida, pela simples existência.

À meus companheiros da graduação, pelas contribuições pessoais e convívio do dia-a-dia.

À meus amados amigos e amigas de Ribeirão, que mesmo longe estão no meu coração e pensamento, e onde o reencontro é sempre prazeroso.

À minha irmã Luciana que é indescritivelmente importante para mim.

À toda equipe do NEMAR pelo auxílio estrutural e profissional.

À Mariana Serwy, Pablo Riu e Prof. Eduardo Soriano-Sierra por aceitarem avaliarem este trabalho e contribuir para sua melhoria e pelo tempo dedicado.

INDICE

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
INTRODUÇÃO	5
MATERIAIS E MÉTODOS	8
<i>Área de estudo</i>	8
<i>Análise dos dados</i>	14
RESULTADOS.....	16
DISCUSSÃO	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
Anexo 1. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário externo da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés, nas estações do ano.....	40
Anexo 2. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário interno da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés, nas estações do ano.....	42
Anexo 3. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Sistema de água doce da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés, nas estações do ano.	41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Foto aérea com a localização do Norte da Ilha de Florianópolis, Santa Catarina. Em destaque a Bacia Hidrográfica do Rio Ratoões com os pontos amostrais referente ao estudo, estuário externo (EE - em amarelo), estuário interno (EI- em azul) e o sistema de água-doce (AD, em vermelho).....10
- Figura 2. PCoA com as distancias médias das amostras em relação ao ponto médio de cada região (centróide) para as variáveis locais (acima) e macrofauna bêntica (abaixo).....21
- Figura 3. MDS apresentando a distribuição temporal das três regiões. Na figura os locais estão descritos como números e os períodos representados por símbolos e cores diferentes.....22
- Figura 4. Valores médios e desvio padrão das densidades de *Monokalliapseudes schubarti*, *Paraprionospio pinnata*, *Oligoqueta*, amostradas durante as estações do ano.....25
- Figura 5. Médias e desvio padrão das densidades de Ostracoda, *Laonereis acut* e *Heteromastus similis*, amostradas durante as estações do ano.....26
- Figura 6. Médias e desvio padrão das densidades de Tanypodinae, Chironominae, Ceratopogonidae e Nemertea, amostradas durante as estações do ano.....28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Datas das coletas e respectivas estações do ano	12
Tabela 2: Localização e profundidade dos pontos de coleta dentro das respectivas regiões, ao longo da Bacia Hidrográfica do Ratonos	13
Tabela 3. Média e desvio padrão das variáveis sedimentológicas nas três regiões de estudo e durante os períodos do ano.....	17
Tabela 4. Variáveis climáticas referente a cada data de coleta.....	18
Tabela 5. Resultados da análise pelo programa PERMANOVA, baseada na matriz da distancia euclidiana para as a comunidade bentônica. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$, em cada uma das regiões	20
Tabela 6. Níveis de significância (P) e dos táxons que se destacaram com frequência acima de 5% no Estuário externo. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$	24
Tabela 7. Níveis de significância (P) dos táxons que se destacaram no Estuário interno. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$	24
Tabela 8. Níveis de significância (P) dos táxons que se destacaram no sistema de água-doce. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$	27

RESUMO

Determinar a importância relativa das forças ambientais de diferentes escalas sobre a dinâmica temporal da comunidade é uma questão fundamental na ecologia. Este estudo analisa as respostas temporais da comunidade bêntica macrofaunal em duas regiões de estuário, externo e interno, e um sistema de água doce de uma Bacia Hidrográfica costeira. As amostragens foram realizadas em oito datas entre agosto de 2007 e maio de 2008 e abrangeram as quatro estações do ano. O sistema estuarino apresentou sedimentos compostos de grãos finos, principalmente lodo, e o sistema de água doce apresentou sedimentos grosseiros e menor quantidade de matéria orgânica. Tanto a densidade quanto a riqueza de táxons foram maiores no sistema estuarino comparado ao sistema de água-doce, variando significativamente entre estes sistemas. Os táxons superiores, assim como as variáveis ambientais, das regiões de estuário, foram semelhantes, sendo os poliquetas *Paraprionospio pinnata*, *Laeonereis acuta*, e *Heteromastus similis* os dominantes na região de estuário externo, além do crustáceo *Monokalliapseudes schubarti*, e dos táxons Oligochaeta e Ostracoda, sendo este último, o táxon possuidor da maior densidade no estuário interno. Na região do sistema de água-doce os táxons com maiores densidade foram Tanyptodinae, Chironominae, Ceratopogonidae, Oligochaeta e Nemertea. As assembleias da macrofauna bentônica das regiões de estuário, responderam as variações temporais de diferentes maneiras, sendo os períodos referentes ao inverno e a primavera os detentores das maiores densidades totais. Por outro lado, a macrofauna bentônica do sistema de água doce, submetidas as mesmas variáveis temporais, não apresentaram respostas significativas em relação a tais variações.

Palavras chaves: dinâmica temporal, estuário, água doce, Santa Catarina

ABSTRACT

Determining the relative importance of environmental forces on different scales on the temporal dynamics of the community is a fundamental question in ecology. This study analyzes the temporal responses of macrobenthic fauna at three distinct sites within a coastal river basin system. The sampling was carried out on eight dates among August 2007 and May 2008, and covered the four seasons of a year. The estuarine systems' sediment was composed by fine-grains, mostly silt, and the freshwater system, with coarse sediments and lower amount of organic matter. The density and diversity of many taxa were greater in the regions of the estuary when compared to the freshwater system, varying (or changing?) significantly across these systems. The level of higher taxa between regions of the estuary were similar, being the polychaete worms *Paraprionospio pinnata*, *Laeonereis acuta* and *Heteromastus similis* dominant in the external estuary, also the crustacean *Monokalliapseudes schubarti*, and the taxa Oligochaeta and Ostracoda the latter being the most abundant taxon in the inner estuary. The freshwater system showed the most abundant taxa Tanypodinae, Chironominae, Ceratopogonidae, Oligochaeta e Nemertea. The assemblages of benthic macroinvertebrates in the regions of the estuary, were affected by large temporal variations in different ways, being the periods of winter and spring the holders of the highest total densities. Moreover, the benthic macroinvertebrates of freshwater system, submitted to the same temporal variables, showed no responses in relation to such changes.

Keywords: temporal dynamics, estuary, freshwater system, Santa Catarina

INTRODUÇÃO

As mudanças na paisagem ao longo do eixo nascente-foz em uma bacia hidrográfica costeira representam bem a variabilidade ambiental em escala espacial regional. O grau de conectividade entre esses sistemas e a sua posição transicional entre os ecossistemas marinhos e continentais determinam componentes espaciais e ambientais estruturadores das assembleias (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2010). As formas de resposta das comunidades aquáticas às variações ambientais são bastante diversificadas, incluindo alterações na composição, na estrutura e nas características funcionais das espécies.

Nos sistemas de água doce, na porção mais interna das bacias hidrográficas costeiras, a distribuição de macroinvertebrados é regulada pela interação entre tipo de substrato (Buss *et al.*, 2004), a matéria alóctone (Cummins & Klug, 1979), a temperatura da água (Merritt & Cummins, 1996), as condições hidráulicas (Statzner *et al.*, 1988), perturbação (Siegfried & Knight, 1977) e interações bióticas (Kohler, 1992). Além dessas interações, no sistema estuarino, as assembleias bênticas de fundos moles estão submetidas ao regime de marés, que altera o fluxo direcional das correntes e modifica a condição físico-química do ambiente (Schettini, 2002) principalmente pelas alterações na salinidade

Uma relação positiva entre a variabilidade ambiental, abundância e a riqueza de espécies tem sido demonstrada por uma série de trabalhos, tanto em ambientes terrestres quanto em aquáticos (Bazzaz, 1975; Putman, 1994; Tews *et al.*, 2004). Este aspecto é especialmente importante em espécies de pequeno tamanho corporal, como aqueles que compõem a macrofauna bêntica. Organismos pequenos tendem a ser mais especialistas do que organismos maiores (Ziv, 2000), fato que confere a essas comunidades uma maior interferência de variáveis agindo em diferentes escalas. Ambientes heterogêneos, então, devem apresentar uma maior riqueza de espécies por possuírem uma maior diversidade de micro-habitats.

Nesse sentido, um aumento na complexidade ambiental local pode determinar um aumento na quantidade de nichos disponíveis, conseqüentemente possibilitando a co-existência de um maior número de espécies (Putman, 1994). No entanto, modelos estocásticos

combinando elementos da teoria de biogeografia de ilhas e da teoria de nicho ecológico, mostram que à medida que a heterogeneidade aumenta a área efetiva disponível para cada uma das espécies diminui, reduzindo a dimensão da população (Allouche *et al.*, 2012). As condições ambientais e a disponibilidade de recursos necessários para os indivíduos ou espécies cumprirem seu modo de vida, ressaltam o papel da diferenciação do nicho ecológico (Hutchinson, 1957) como mecanismo essencial para a manutenção da biodiversidade.

A crescente preocupação com os efeitos ecológicos das mudanças climáticas enfatiza a importância de definir como as forças ambientais de larga escala agem sobre as populações locais ou como interagem influenciando nas respostas locais.

Entretanto para compreender os efeitos das mudanças climáticas nos ecossistemas é importante definir ligações entre flutuações ambientais e a dinâmica temporal das espécies dentro de uma comunidade (Ives, 1995). Duas teorias fundamentais sustentam a previsão dos efeitos por fatores de larga escala em populações e comunidades. A teoria hierárquica define processos em espaços descontínuos ou escalas temporais (Simon, 1962; Allen & Starr, 1982), sendo que fatores ambientais de larga escala influenciam de cima para baixo na hierarquia, sugerindo que a variabilidade climática deveria resultar em consistentes mudanças na dinâmica das populações locais (Hagberg *et al.*, 2003; Wilmers *et al.*, 2007). Por outro lado, a teoria multi-escala enfatiza a interação entre processos operacionais em mais de uma escala (rápida e lenta ou ampla e estreita) sendo que o resultando da resposta dos organismos depende do contexto em que eles se enquadram (Van De Koppel *et al.*, 2001). Estas duas teorias possuem elementos importantes para compreendermos a dinâmica de populações em relação às variáveis ambientais.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo testar estas teorias investigando as respostas temporais da comunidade bêntica característica de diferentes sistemas, porém próximos, em uma mesma bacia hidrográfica costeira. Os sistemas investigados são o estuarino, abrangendo duas regiões, chamadas de externa e interna, e o sistema de água doce do interior da bacia hidrográfica costeira. Dessa forma, considerando que as regiões são distintas, podendo ser habitados por diferentes espécies, e que a variabilidade ambiental de pequena escala é variável, espera-se que as comunidades apresentem tendências similares

de variação temporal e respondem as mesmas forçantes ambientais ao longo de um ciclo anual, uma vez que estão sujeitas as mesmas variações de grande escala.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés (BHRR) está localizada na porção noroeste da Ilha de Santa Catarina (27°S - 48°O), sul do Brasil (Figura 1). O clima regional apresenta verões quentes e invernos amenos, porém sem estação seca definida. O regime de precipitação é variável com tendência a elevado índice pluviométrico e o maior número de dias de chuva no verão (Cruz, 1998). As chuvas de verão costumam ser diárias e de curta duração, entretanto, as chuvas do inverno provocadas pela ação direta das frentes polares, costumam ser intermitentes e com duração de até uma semana (Andrade, 1996). Durante as frentes frias ocorre aumento na força do vento, enquanto que a energia provida da radiação solar diminui, resultando em temperaturas relativamente mais homogêneas da água (Stech & Lorenzetti, 1992). A hidrodinâmica local é regida pela força das micromarés semidiurnas, levando aproximadamente 12 e meia horas para completar o ciclo de enchente, preamar, vazante e baixa-mar. Sua amplitude média é de 0,83 metros para as marés de sizígia e 0,15 metros para as marés de quadratura (Cruz, 1998). Os ventos predominantes são os de quadrante N-NE seguidos pelos de maior intensidade, de S-SE.

A BHRR possui aproximadamente 61 km² e apresenta grande heterogeneidade ambiental, incluindo mata atlântica, restinga, riachos, manguezal e marismas, praias arenosas, costões rochosos, além de áreas urbana e rural (Fusverk, 2002). Os riachos nascem nos morros próximos e são caracteristicamente pequenos e de terceira ordem. Apresentam muitas corredeiras no seu interior, originadas pelo declive acentuado e a presença de grandes rochas. As encostas dos morros são colonizadas por vegetação da mata atlântica em estágio secundário de recuperação. Na porção mais baixa, com o declive menos acentuado ocorre a formação de bancos com deposição de sedimentos e material orgânico particulado grosseiro. A planície costeira quaternária é colonizada predominantemente por manguezais e marismas, com área aproximada de 6,25 km² (IBAMA, 2002), cuja maior parcela está localizada no interior da Unidade de Conservação Estação Ecológica de Carijós - ESEC Carijós.

Para esse estudo foram escolhidas três regiões dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés. Na porção mais externa do sistema estuarino, o manguezal é bem desenvolvido, embora esteja em seu

limite sul de distribuição geográfica. Ocorrem as espécies arbóreas típicas *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) e *Avicennia schaueriana* (siríuba). Esta última predomina na paisagem, destacando-se no dossel e imprimindo uma aparente homogeneidade nos bosques (Reitz, 1961; Souza Sobrinho *et al.* 1969). Entremeando as árvores de mangue ou margeando os canais ocorre ainda a formação de marismas mono-específicas de *Spartina alterniflora* (capim praturá) (Souza Sobrinho *et al.* 1969).

Na porção mais interna do sistema estuarino a vegetação de manguezal se restringe aos canais e é predominantemente composta por *L. racemosa*, acompanhada de esporços bancos de marisma. Os terrenos alagadiços do entorno sofreram mudanças significativas na drenagem natural através de aberturas de novos canais, retificação de meandros, canalização, aterros, urbanização e construções de rodovias.

O sistema de água-doce localiza-se nas encostas dos morros do Ratonos (ou do Manoel Arcênio) e das Pedras abrangendo os principais rios que formam a bacia, incluindo o Rio Ratonos. A área é bastante antropizada com o estabelecimento de pastagens, pequenas lavouras, e várias construções residenciais.

Planejamento amostral

A fim de verificar se comunidade bêntica macrofaunal característica do sistema estuarino e do sistema de água doce da BHRR apresentam as mesmas tendências de variação temporal e respondem as mesmas forças ambientais foram estabelecidos nove pontos amostrais, denominados “locais” (Figura 1).

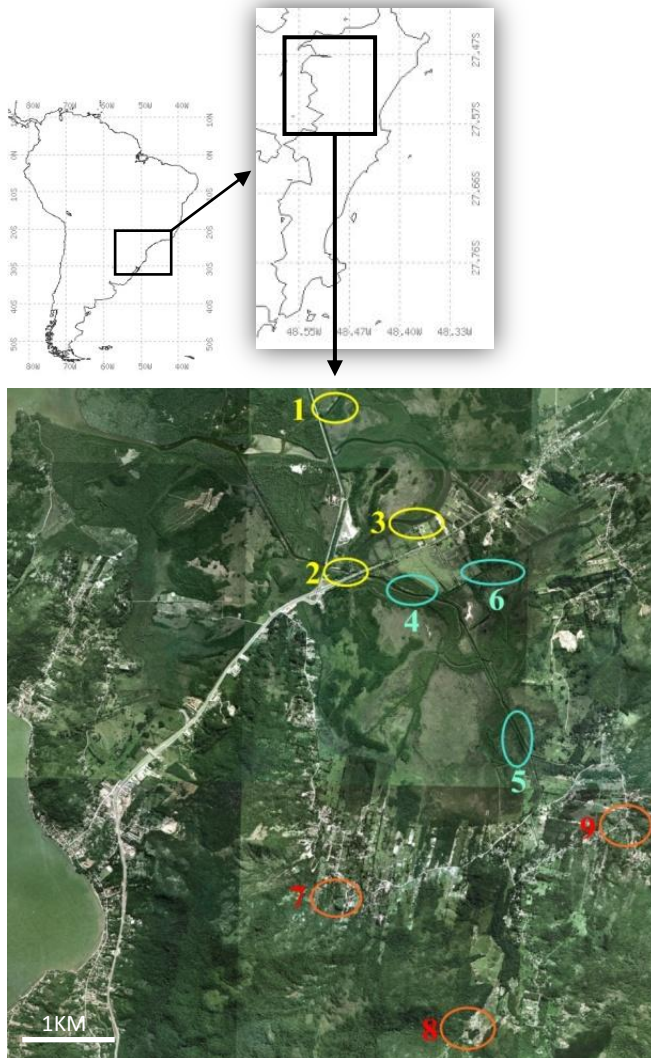


Figura 1. Foto aérea com a localização do Norte da Ilha Santa Catarina. Em destaque a Bacia Hidrográfica do Rio Ratoes com os pontos amostrais referente ao estudo, estuário externo (EE - em amarelo), estuário interno (EI- em azul) e o sistema de água-doce (AD- em vermelho).

As amostragens foram realizadas em oito datas entre agosto de 2007 e maio de 2008 e abrangeram as quatro estações do ano (Tabela 1). O sistema estuarino foi amostrado na porção mais externa e na porção interna. O sistema de água doce foi amostrado nos depósitos de sedimentos da porção de menor declive dos riachos, possibilitando o uso do mesmo aparato amostral nos dois sistemas. Em cada local e data foram coletadas três unidades amostrais de 15 cm de diâmetro por 10 cm de altura para análise da fauna.

Para as amostras de sedimento foi utilizado delimitador de 11 cm de diâmetro por 10 cm de altura. As amostras da macrofauna bêntica foram triadas sob peneiras de malha 0,5 mm e mantidas em formol 4%. Posteriormente, a triagem da fauna foi realizada sob microscopia, contada e identificada até o menor nível taxonômico possível. Para as análises sedimentológicas, o teor de matéria orgânica foi determinado pela porcentagem da diferença de peso após ignição (550 °C por 1 h) e os de carbonato após acidificação (HCl 10%). As análises granulométricas foram realizadas pelo método de pipetagem (silte e argila) e peneiramento (cascalho e areias) (Carver, 1970) usando jogo de 12 peneiras (entre -1,5 e 4 ϕ). Foram organizadas tabelas para os parâmetros estatísticos e granulométricos dos sedimentos, as quais auxiliaram na interpretação do ambiente sedimentar e na identificação de diferentes populações granulométricas e computadas usando o pacote R-Sysgran (Camargo, 2006).

Tabela 1. Datas das coletas e respectivas estações do ano

Data de coleta	Período referente
30.08.2007	Inverno I
19.09.2007	Inverno II
15.11.2007	Primavera I
27.11.2007	Primavera II
23.02.2008	Verão I
19.03.2008	Verão II
01.05.2008	Outono I
16.05.2008	Outono II

As variáveis climáticas precipitação (24hs), temperaturas média, máxima e mínima, insolação, evaporação, umidade relativa média do ar e velocidade média do vento dos sete dias antecedentes a cada data de amostragem foram registradas a aproximadamente 15 km da BHRR e retiradas do Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Tais variáveis de larga escala, foram consideradas as mesmas para todos os locais dentro de cada região. As coordenadas geográficas de cada ponto amostral (Tabela 2) foram obtidas por meio de um sistema de posicionamento geográfico (GPS – Garmin e Trex Legend).

Tabela 2: Localização e profundidade dos pontos de coleta dentro das respectivas regiões, ao longo da Bacia Hidrográfica do Ratonés.

Ponto de coleta	Regiões	Latitude (S)	Longitude (O)	Profundidade
1	Estuário Externo	27°27'50.6"	48°29'32.6"	1,5m
2	Estuário Externo	27°28'43.1"	48°29'28.6"	1 - 2 m
3	Estuário Externo	27°28'16.2"	48°28'39.5"	1 m
4	Estuário Interno	27°28'46.8"	48°29'13.5"	1,5 m
5	Estuário Interno	27°30'03.3"	48°27'59.8"	1 - 1,5m
6	Estuário Interno	27°28'35.5"	48°28'07.8"	0,8 m
7	Sistema água-doce	27°30'32.7"	48°29'33.2"	0,5 m
8	Sistema água-doce	27°31'32.0"	48°28'25.7"	0,5 m
9	Sistema água-doce	27°30'10.7"	48°27'26.7"	1 m

Análise dos dados

A variância (dispersões) da comunidade bêntica e das variáveis ambientais entre as três regiões (estuário externo, estuário interno e sistema de água-doce) e locais dentro de cada região foram analisadas pelo método da dispersão permutacional (PERMDISP, Anderson 2004) e plotadas em uma análise de coordenadas principais (PCoA). Para tal, foram obtidas as distâncias médias dos locais amostrais em relação ao centroide da sua respectiva região em um espaço multivariado de coordenadas principais. Esta abordagem trata-se de um teste multivariado análogo ao teste de Levene de homogeneidade das variâncias e tem sido amplamente utilizado como meio para avaliar a diversidade beta entre os pontos amostrais (Anderson *et al.*, 2006). A distância média do centroide de cada grupo de amostras é a medida da diversidade beta na região em questão, sendo que quanto maior a dispersão, maior a diversidade beta (Landeiro *et al.*, 2006). Ambas as análises foram feitas com dados transformados em $\text{Log}(x+1)$.

A partir disso, os padrões de distribuição das amostras da comunidade bêntica de cada região e local ao longo das estações do ano foram descritas em separado utilizando análises de ordenação nMDS (nonmetric multimencional scalling), a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis, com os dados transformados em $\text{Log}(x+1)$. O nMDS possibilita a visualização da matriz de similaridade através de um mapa de amostras, onde as distâncias entre os pontos plotados representam o valor das similaridades entre as amostras. Para as análises foram utilizadas somente organismos que ocorreram mais do que uma vez e com abundância superior a um indivíduo. As variáveis ambientais incluídas nas análises foram tamanho médio dos grãos de sedimento, grau de seleção das partículas, teores de cascalho, areia, silte, argila e matéria orgânica, volume de precipitação (mm), temperaturas média ($^{\circ}\text{C}$), máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), insolação (horas), umidade relativa média do ar (%) e velocidade média do vento (mps).

Com o objetivo de determinar quais fatores ambientais melhor explicam a estrutura multivariada da fauna de cada uma das regiões e locais estudados foram aplicadas análise pela correlação de Spearman (rotina BIO-ENV; Clake & Gorley, 2006). Esta análise correlaciona a matriz de similaridade dos dados bióticos com a matriz dos dados abióticos e estabelece uma ordem de correlações. Esta correlação define grupos de variáveis ambientais que melhor explicam a distribuição da

fauna. As matrizes de similaridade dos dados abióticos foram feitas a partir da medida de distância Euclidiana. As variáveis ambientais, por sua vez, foram transformadas em $\text{Log}(x+1)$.

As respostas simultâneas da comunidade bentônica e das variáveis ambientais de cada um dos sistemas amostrados e durante as estações do ano (inverno, primavera, verão e outono) foram avaliadas por permutação multivariada, utilizando o programa PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). Para esta análise foram utilizadas 9999 permutações aleatórias. Na análise o fator “Período” foi considerado fixo para as quatro estações, enquanto que o fator “Local” foi considerado randômico.

Foram aplicadas análises de variância bifatoriais para verificar a significância das diferenças entre locais e períodos do ano para cinco táxons com maiores densidades de cada uma das regiões. Quando significativas, as diferenças foram avaliadas através do teste de comparações múltiplas de Newman-Keuls. A homogeneidade das variâncias foi previamente verificada pelo teste de Cochran e quando necessário utilizou-se transformação $\text{Log}(x+1)$. As análises foram realizadas com os programas Primer 6 (Clake & Gorley, 2006), PERMANOVA (Anderson, 2005), R (Core Team 2012) e GAD (Sandrini- Neto & Camargo, 2013) versão 2.10.1.

RESULTADOS

O sistema de água doce apresentou os maiores tamanhos médios dos grãos de sedimento, sendo caracterizados pelo elevado teor de cascalho e por partículas bem selecionadas. Por outro lado, sedimentos das porções estuarinas foram caracterizados por sedimentos finos, pobremente selecionados. As porcentagens de matéria orgânica foram elevadas nas regiões de estuário, variando entre 1,8% e 9% no estuário externo, 4,7% e 22,3%, no estuário interno, e não sendo superiores a 1,1% no sistema de água doce (Tabela 3).

O volume de precipitação (mm) foi bem maior nas datas referentes ao verão, com média semanal de 11,5 mm. Os meses de verão e primavera apresentaram as maiores temperaturas máximas, enquanto as datas referentes ao outono apresentaram as menores temperaturas mínimas. A quantidade de horas de insolação foi menor no inverno durante todo o período amostrado, estando os dois valores médios, referente às duas datas de coleta no período abaixo da média total. Quanto à umidade relativa média do ar, foram maiores os valores no inverno e menores na primavera. A variável climática velocidade média do vento (mps) foi maior na primavera, chegando a 4.98 mps, e no inverno a 3.79 mps, os menores valores foram encontrados durante o outono (Tabela 4).

Na região de estuário externo, devido a modificações na hidrodinâmica da região causada pela construção de pontes e pela retificação do canal principal do Rio Ratonés, foi observado sedimentos mais arenosos do que o esperado naturalmente por estar localizados próximo ao mangue.

Tabela 3. Média e desvio padrão das variáveis sedimentológicas nas três regiões de estudo e durante os períodos do ano.

	REGIÕES			PERÍODOS			
	Estuário Externo	Estuário Interno	Água Doce	INVERNO	PRIMAVERA	VERAO	OUTONO
Cascalho (%)	0,16 (0,42)	1,61 (3,84)	45,71 (18,12)	15,59 (25,53)	16,02 (22,94)	17,25 (25,85)	14,45 (25,13)
Areia (%)	71,29 (41,95)	45,06 (32,56)	53,91 (18,23)	57,23 (29,41)	56,1 (33,84)	57,12 (35,09)	56,56 (40,33)
Silte (%)	24,97 (37,23)	49,12 (31,37)	0,29 (0,61)	23,24 (29,89)	27,11 (37,45)	22,13 (33,31)	26,7 (40,27)
Argila (%)	3,56 (7,28)	3,78 (4,12)	0,08 (0,19)	3,42 (3,82)	0,72 (1,20)	3,48 (8,46)	2,27 (3,99)
Finos (%)	28,53 (42,07)	52,91 (33,45)	0,37 (0,71)	26,66 (32,52)	27,83 (38,59)	25,61 (39,45)	28,97 (43,98)
Matéria Orgânica (%)	4,35 (4,4)	11,63 (10,31)	0,75 (0,59)	3,99 (3,30)	5,35 (7,96)	6,25 (8,76)	6,72 (10,45)
Tamanho médio (mm)	0,13 (0,08)	0,09 (0,09)	1,4 (0,21)	0,53 (0,65)	0,58 (0,67)	0,56 (0,69)	0,49 (0,61)
Grau de Seleção	0,77 (0,64)	1,38 (0,60)	0,52 (0,23)	0,93 (0,68)	0,97 (0,74)	0,79 (0,64)	0,85 (0,53)

Tabela 4. Variáveis climáticas referentes a cada data de coleta.

Data	Precipitação (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Tem. Mínima (°C)	Insolação (horas)	Temp. média (°C)	Velocidade do vento (mps)
Inv. I	1.0375	19.225	13.387	2.412	16.277	3.145
Inv. II	0.912	24	18.075	5.375	20.562	3.796
Prim. I	4	26.025	18.987	5.912	22.032	4.987
Prim.II	0.75	26.162	17.987	8.187	22.2	4
Ver. I	12.55	29.937	21.5	7.437	25.605	2.987
Ver. II	9.975	26.55	19.3	4.762	22.87	3.137
Out. I	5.212	25.012	15.587	5.475	19.905	2.745
Out.II	0	23.275	12.087	8.7	17.652	2.066

A análise multivariada de dispersão PERMDISP mostrou diferenças significativas na dispersão das amostras e padrões semelhantes de resposta para dados ambientais ($F_{(2,69)}=26,6$ e $p=0,001$), e dados da comunidade faunal ($F_{(2,69)}=7,9$ e $p=0,002$). Em ambos os casos as porções estuarinas, externa e interna, não diferiram em relação à distância do centróide ($p= 0,061$ para dados ambientais; e $p=0,763$, para dados da fauna). As variações foram expressivas entre a região de estuário externo e sistema de água-doce ($p=0,003$, para dados ambientais; $p=0,003$ para dados faunais) e entre o sistema de estuário interno e o sistema de água-doce ($p=0,001$, para dados ambientais; e $p=0,009$, para dados da fauna) (Figura 2).

Ao todo foram coletados 19.236 indivíduos de macroinvertebrados bentônicos, distribuídos em 83 espécies e pertencentes a 18 grandes grupos taxonômicos (Polychaeta, Oligochaeta, Gastropoda, Bivalvia, Crustacea, Nematoda, Nemertinea, Hirudinea, Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Chaetognatha, Turbellaria, Phoronida, Chelicerata, Platyhelminthes, Chordata e Hexapoda). A classe Insecta dominou em número de espécies e a classe Polychaeta em número de indivíduos. O sistema de água-doce apresentou mais de 97% de sua diversidade exclusiva. Trinta e um táxons ocorrem em pelo menos dois ambientes, sendo que apenas duas ocorrem entre estuário interno e sistema de água-doce (Nemertea e Chironominae), e quatro taxa (*Heleobia australis*, Hirudinea, Nematoda e Oligochaeta) ocorrem nas três regiões.

A distribuição espaço-temporal da macrofauna bêntica fornecida pelo n-MDS, mostrou diferentes padrões dependendo do sistema (Figura 3). A análise PERMANOVA confirmou o resultado da distribuição espaço-temporal mostrando diferenças significativas entre os períodos nas regiões de estuário externa e interna, não havendo diferenças entre os locais amostrados. A análise para as amostras do sistema de água doce não apresentou qualquer diferença significativa entre os períodos, locais ou interação entre os fatores. A permutação multivariada mostrou que no estuário externo, inverno diferiu do verão ($p=0.018$) e do outono ($p=0.008$) e no estuário interno o inverno diferiu do verão ($p=0.016$) e do outono ($p=0.017$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados da análise pelo programa PERMANOVA, baseada na matriz da distancia euclidiana para as a comunidade bentônica. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$, em cada uma das regiões.

	Estuário Externo		
	$F_{(3,2)}$	$P(perm)$	$P(MC)$
Período (PER)	5,09	0,0013	0,002
Local (LOC)	1,8	0,115	0,117
PER:LOC	0,58	0,898	0,892
	Estuário Interno		
	$F_{(3,2)}$	$P(perm)$	$P(MC)$
Período (PER)	4,25	0,0003	0,0003
Local (LOC)	1,4	0,139	0,158
PER:LOC	0,86	0,674	0,659
	Sistema de água-doce		
	$F_{(3,2)}$	$P(perm)$	$P(MC)$
Período (PER)	1,49	0,138	0,141
Local (LOC)	0,94	0,535	0,508
PER:LOC	0,60	0,980	0,985

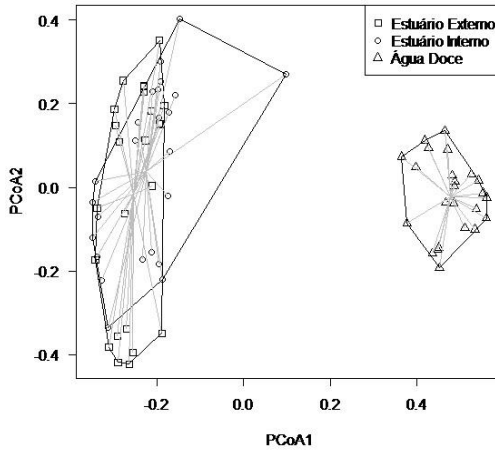
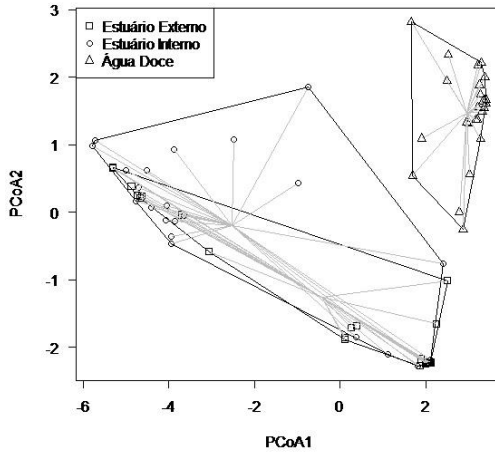


Figura 2. PCoA com as distancias médias das amostras em relação ao ponto médio de cada região (centróide) para as variáveis locais (acima) e macrofauna bêntica (abaixo)

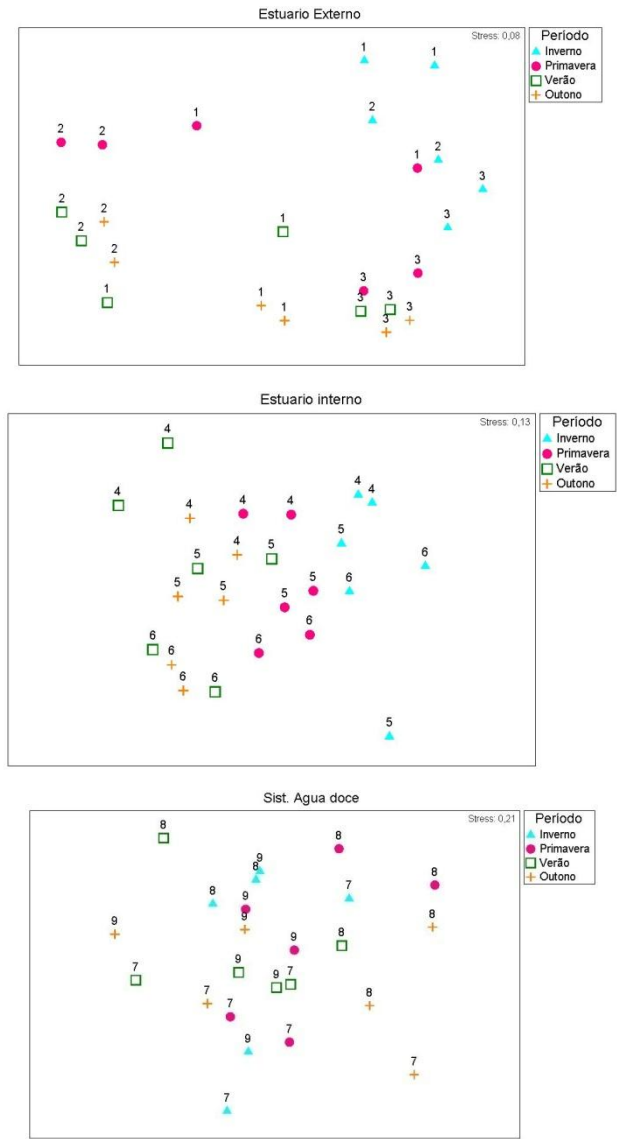


Figura 3. MDS apresentando a distribuição sazonal nas três regiões. Na figura os locais estão representados por números e os períodos representados por símbolos e cores diferentes.

No estuário externo, o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti*, os poliquetas *Paraprionospio pinnata* e *Laeonereis acuta* dominaram numericamente, representando juntos 78,12% da macrofauna. Também foram expressivos numericamente, a classe Oligoqueta, o poliqueta *Heteromastus similis*.

Os resultados das análises de variância mostraram (Tabela 6) interações significativas entre os locais e os períodos do ano para *Monokalliapseudes schubarti*, sendo o inverno e outono semelhantes, e diferindo-se do verão e da primavera, semelhantes entre si. Para a espécie *Paraprionospio pinnata* houve significativas diferenças entre os períodos e locais, sendo o inverno diferente de todos os outros períodos e os locais 1 e 2 semelhantes entre si. Para o poliqueta *Laeonereis acuta* foi apresentada apenas diferenças entre os períodos, sendo o verão igual ao outono e diferente dos demais. Diferenciaram-se dos demais, os resultados encontrados para Oligoquetas e *Heteromastus similis*, onde o primeiro apresentou diferença entre locais, sendo os locais 1 e 2 semelhantes entre si, e o segundo não constatando diferença significativa (Figura 4 e 5).

No sistema estuarino interno, possuíram maiores densidades espécies não identificadas de Ostracoda e Oligochaeta, o tanaidáceo *M. schubarti* e os poliquetas *P. pinnata* e *L. acuta*.

Os resultados das análises de variância mostraram (Tabela 7) interações significativas entre locais e os períodos do ano para *M. schubarti* e Ostracoda. *M. schubarti* apresentou no período do verão o local 5 com maior densidade, diferentes dos demais, enquanto que no outono os locais 4 e 6 apresentaram diferenças na densidade. *P. pinnata* mostrou significativa diferença no inverno, enquanto que o grupo Ostracoda foi significativamente diferente na primavera, sendo o local 5 diferentes dos demais na primavera e, apenas o local 6 no inverno. *L. acuta* e Oligochaeta foram significativamente diferentes quanto ao inverno, sendo apenas semelhante inverno e primavera para Oligochaeta (Figura 4 e 5).

Tabela 6. Níveis de significância (*P*) e dos táxons que se destacaram com frequência acima de 5% no Estuário externo. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$.

		Período (PER)	Local (LOC)	PER:LOC
<i>Monokalliapseudes schubarti</i>	$F_{(3,2)}$	2,22	3,59	4,78
	<i>P</i>	0,138	0,094	0,010
<i>Paraprionospio pinnata</i>	$F_{(3,2)}$	7,16	11,01	1,25
	<i>P</i>	0,005	0,009	0,346
<i>Laeonereis acuta</i>	$F_{(3,2)}$	41,08	2,32	2,03
	<i>P</i>	0,000	0,178	0,138
Oligoqueta	$F_{(3,2)}$	0,91	54,77	1,12
	<i>P</i>	0,464	0,000	0,406
<i>Heteromastus similis</i>	$F_{(3,2)}$	0,53	0,46	1,69
	<i>P</i>	0,668	0,649	0,205

Tabela 7. Níveis de significância (*P*) dos táxons que se destacaram no Estuário interno. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$.

		Período (PER)	Local (LOC)	PER:LOC
Ostracoda	$F_{(3,2)}$	5,94	0,91	4,63
	<i>P</i>	0,010	0,449	0,011
<i>Monokalliapseudes schubarti</i>	$F_{(3,2)}$	1,50	0,04	4,42
	<i>P</i>	0,263	0,957	0,015
<i>Paraprionospio pinnata</i>	$F_{(3,2)}$	18,95	0,97	2,71
	<i>P</i>	0,000	0,430	0,066
<i>Laeonereis acuta</i>	$F_{(3,2)}$	12,92	0,84	1,16
	<i>P</i>	0,000	0,476	0,385
Oligochaeta	$F_{(3,2)}$	5,03	1,78	0,65
	<i>P</i>	0,017	0,247	0,689

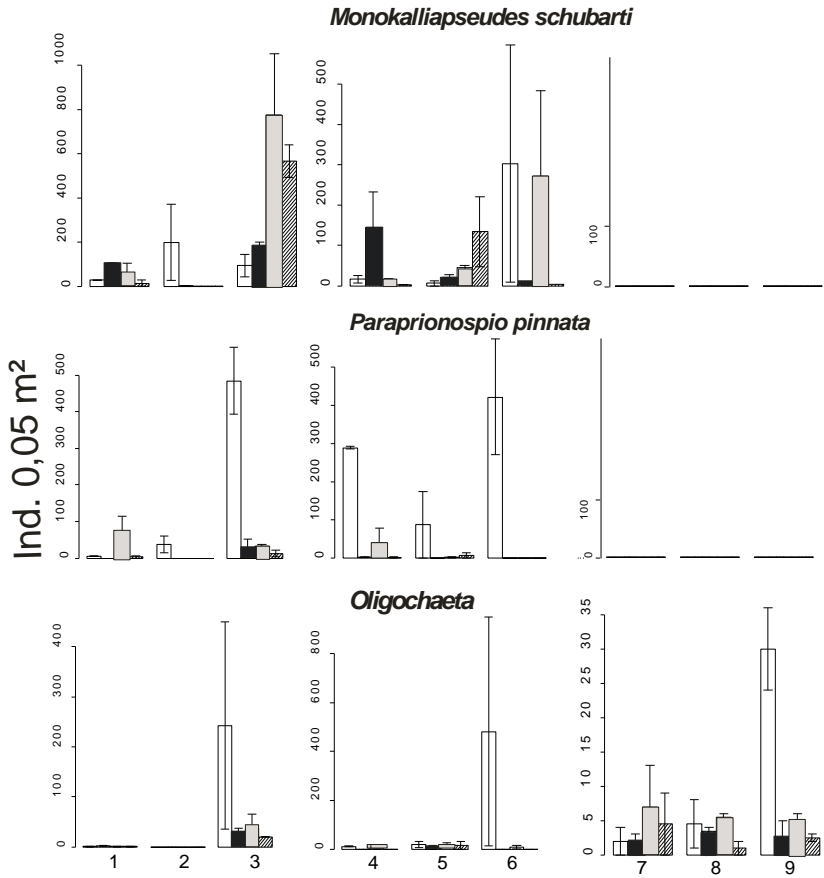


Figura 4. Valores médios e desvio padrão das densidades de *Monokalliapseudes schubarti*, *Paraprionospio pinnata*, Oligochaeta, amostradas durante as estações do ano.

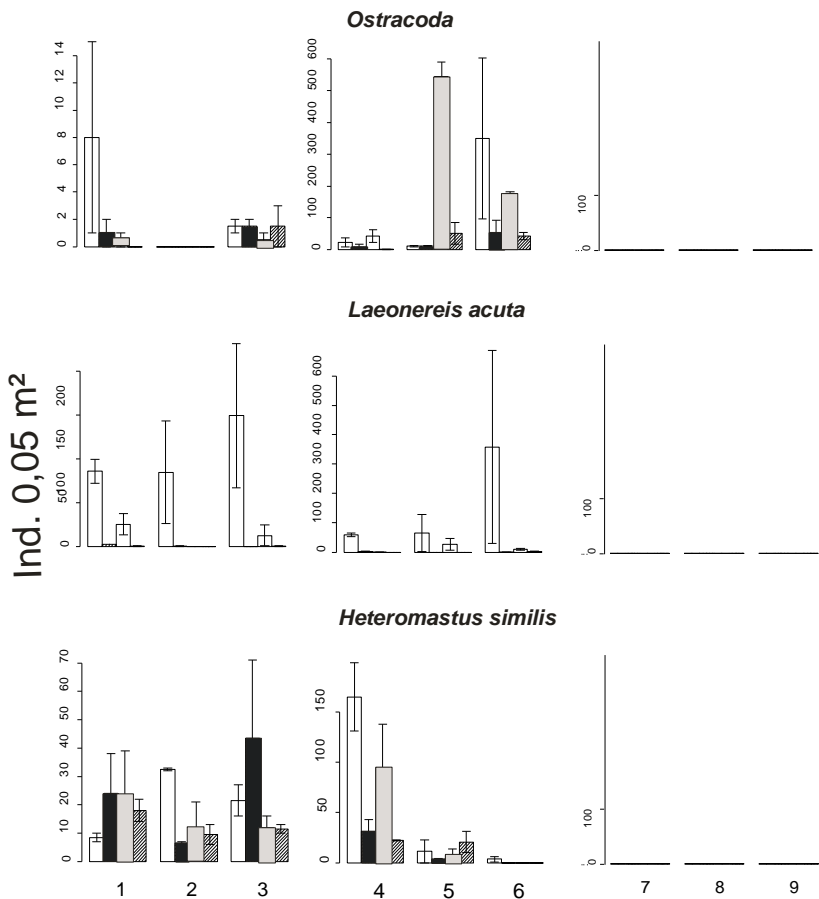


Figura 5. Médias e desvio padrão das densidades de *Ostracoda*, *Laeoneis acuta* e *Heteromastus similis*, amostradas durante as estações do ano.

No sistema de água-doce as larvas de Dípteros Chironomidae (Tanypodinae, Chironominae) e Ceratopogonidae, Oligochaetas e Nemertineos dominaram numericamente, representando juntos 65,3% da macrofauna.

Os resultados das análises de variância mostraram que não houve interações significativas entre as regiões amostradas e os períodos do ano para nenhuma das cinco espécies mais representativas desse sistema (Tabela 8). O filo Nemertea apresentou diferenças entre os períodos, destacando o inverno como diferente do verão e outono e, semelhante a primavera. A família Ceratopogonidae apresentou diferenças quanto aos locais, sendo o local 7 diferentes dos demais (Figura 6).

Tabela 8. Níveis de significância (*P*) dos táxons que se destacaram no sistema de água-doce. Em negrito, destacam-se os resultados estatisticamente significativos para $p < 0,05$.

		Período (PER)	Local (LOC)	PER:LOC
Tanypodinae	$F_{(3,2)}$	0,56	4,34	0,95
	<i>P</i>	0,647	0,068	0,494
Oligochaetas	$F_{(3,2)}$	1,51	0,88	1,34
	<i>P</i>	0,260	0,460	0,310
Nemertineos	$F_{(3,2)}$	5,30	1,63	2,03
	<i>P</i>	0,014	0,271	0,138
Chironominae	$F_{(3,2)}$	1,31	4,27	0,23
	<i>P</i>	0,315	0,070	0,955
Ceratopogonidae	$F_{(3,2)}$	0,24	8,49	0,29
	<i>P</i>	0,863	0,017	0,929

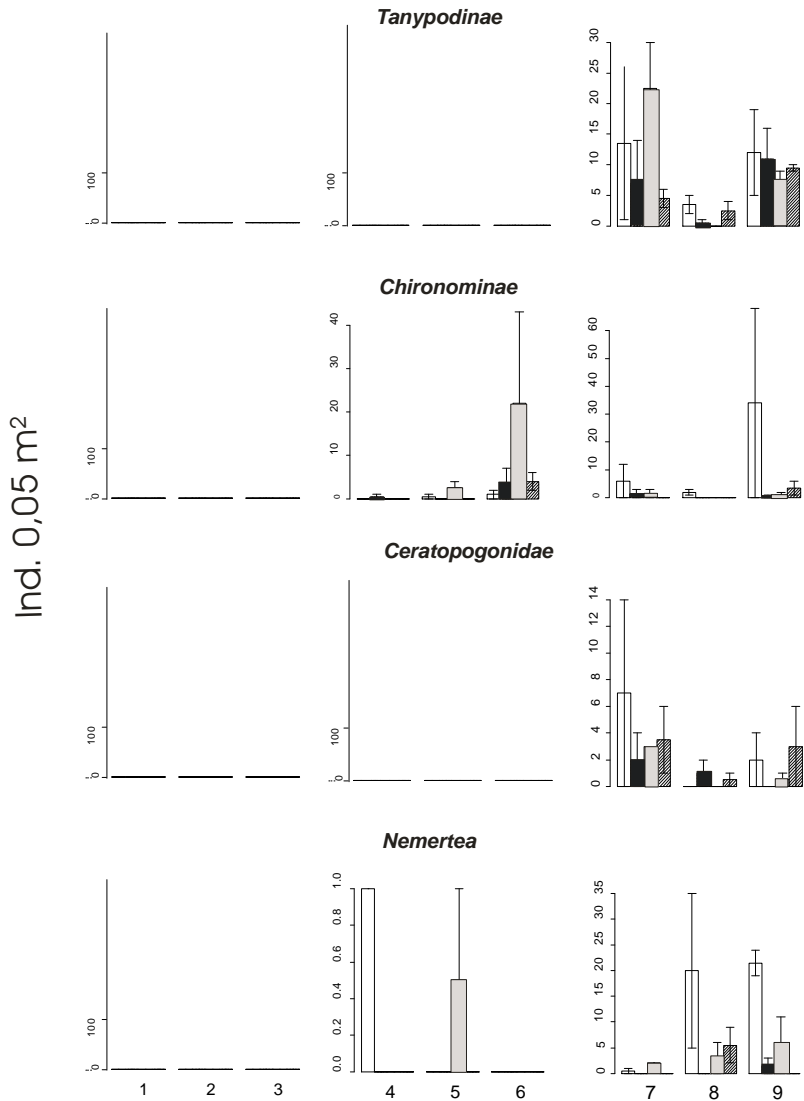


Figura 6. Médias e desvio padrão das densidades de Tanypodinae, Chironominae, Ceratopogonidae e Nemertea, amostradas durante as estações do ano.

A importância de variáveis ambientais locais e regionais que melhor explicaram a distribuição da fauna nos diferentes sistemas diferiu. No sistema estuarino externo, a melhor combinação de variáveis explicativas foi formada pela porcentagem de grãos finos e de matéria orgânica, temperatura máxima e taxa de evaporação ($k = 0,443$). Para o sistema estuarino interno as variáveis selecionadas foram a seleção de grãos, temperatura máxima e horas de insolação ($k = 0,353$). No sistema de água doce a melhor combinação de variáveis explicativas foi composta pelos teores de matéria orgânica, seleção de grãos do sedimento, temperatura mínima, horas de insolação e velocidade do vento média ($k = 0,125$).

DISCUSSÃO

Este estudo mostrou as mudanças da comunidade bêntica macrofaunal de uma bacia costeira relacionadas aos sistemas avaliados e as características ambientais de pequena e de larga escala. Variações de pequena escala foram àquelas relacionadas às mudanças espaciais e temporais nos sedimentos, sendo as variações em larga escala as responsáveis pelas mudanças temporais dos táxons em cada região. Esta interação entre processos operacionais em mais de uma escala, caracterizada pela teoria multi-escala, confirmaram que as respostas dos organismos são diferentes e dependentes do contexto em que cada um se enquadra. Espacialmente, os sistemas estudados apresentaram características ambientais e de composição da fauna diferentes, sendo os sedimentos da região estuarina externa, compostos de grãos mais arenosos, enquanto que o estuário interno apresentou grãos finos, principalmente lodo, e alta porcentagem de matéria orgânica. O sistema de água doce, por sua vez, apresentou sedimentos mais grosseiros, com altos teores de cascalho e baixa porcentagem de matéria orgânica. Da mesma forma, a composição da comunidade diferiu entre as regiões, com o predomínio do Tanaidacea *Monokalliapseudes schubarti* no estuário externo, do grupo Ostracoda no estuário interno e de larvas de Diptera no sistema de água doce.

A região do estuário interno apresentou tanto as maiores densidades totais quanto a maior riqueza de táxons, correspondendo a uma composição faunística de transição, indicando que essa região tem um papel chave nas trocas que existem entre a região das cabeceiras dos rios, onde se localizam as nascentes dos cursos d'água, e a região da desembocadura da bacia hidrográfica, de contato direto com o sistema marinho. A região de estuário externo também apresentou elevadas densidades totais e riqueza de táxons se comparado ao sistema de água doce.

Os resultados mostraram que apesar de apresentarem algumas diferenças entre si na composição das espécies, as dispersões de táxons dentro de cada uma as regiões de estuário e ao longo do tempo se dão de forma semelhante, ou seja, ambas possuem a mesma diversidade beta, diferenciando-se do sistema de água doce. Como a estruturação das comunidades bênticas ao longo da paisagem é determinada tanto por

fatores relativos ao espaço quanto ao climático, estes fatores, embora em porcentagens relativas diferenciadas, sugerem a combinação de processos neutros e relativos ao nicho, atuando como condutores da diversidade beta em cada região (Weiher & Keddy, 2001; Cottenie, 2005; Pandit, 2009). O padrão de distribuição espacial e temporal da macrofauna bêntica relativo a distribuição de nicho pressupõe a existência de um ambiente favorável, sobre o qual os organismos podem interagir e repartir recursos (McGill *et al.*, 2006). Dessa forma, o sucesso da colonização e permanência em um determinado local depende das condições de nicho pré-estabelecidas e envolve um número variável de fatores, como a disponibilidade de recursos, interações entre espécies e estrutura dos habitats (Leibold & McPeck, 2006).

Neste estudo as variações em larga escala definidas pelas mudanças temporais mostraram mudanças na comunidade bêntica macrofaunal em cada região de estuário. Variações como o enriquecimento orgânico, perturbações físicas geradas por enxurradas e a hidrodinâmica local podem ser fatores determinantes das variações temporais dos componentes da macrofauna bentônica. Como o volume de precipitação foi maior no período do verão, esse pode ter sido um fator determinante da baixa densidade de espécies no sistema estuarino durante este período, sendo os maiores valores, correspondente a densidade, encontrado no período do inverno, seguido da primavera. Estes resultados estão de acordo com o padrão temporal registrado para a Baía Norte da Ilha de Santa Catarina (Souza & Pagliosa, 2007) e como o geralmente reportado em estudos com macroinvertebrados de sistemas estuarinos do sul do Brasil (Lana & Guiss, 1991; Netto & Gallucci, 2003). Isso indica que o período reprodutivo das principais espécies de macroinvertebrados bênticos na Bacia Hidrográfica do Rio Ratonos ocorre preferencialmente durante o inverno.

Apesar de alguns estudos apontarem a variabilidade temporal no regime hidrológico como um dos principais fatores que controlam a distribuição de fauna lótica (Townsend *et al.*, 1987; Wood *et al.*, 2001), não foram constatadas mudanças temporais para o sistema de água doce. Mesmo estando sujeitas às mesmas variações de larga escala da região estuarina, o sistema de água doce não se comportou como o esperado. Isso sugere que comunidades de regiões mais homogêneas respondem melhor a outros fatores temporais que não os estudados aqui, ou mesmo que são mais resistentes a tais fatores.

Temporalmente, nas regiões estuarinas os invertebrados *Monokalliapseudes schubarti*, *Laonereis acuta* e *Paraprionospio pinnata* apresentaram diferenças nas suas distribuições. No estuário externo, *M.schubartii* apresentou maior densidade na primavera e no verão, diferindo do inverno e do outono com menores densidades. Leite *et al.* (2003) encontrou a mesma variação temporal para *M. schubartii*, que normalmente apresentam ciclos de vida com padrões sazonais bem marcados, relacionados com eventos de recrutamento. As fêmeas desta espécie desenvolvem seus embriões e larvas em uma bolsa marsupial de onde emergem juvenis totalmente desenvolvidos ou em estágios larvais bem avançados (Pennafirme & Souza-Gomes, 2009) no início do inverno (Leite, 3003).

Os poliquetas *L. acuta* e *P.pinnata* apresentaram densidades maiores no período do inverno. Outros estudos (Kapusta *et al.*, 2002; Kapusta, 2005) comprovam as altas densidades de poliquetas encontrados no inverno. Uma resposta para esse resultado poderia ser a habilidade do *L. acuta* de escavar até mais de 15cm de profundidade no interior do sedimento, conferindo refúgio contra macropredadores, proteção às instabilidades físicas e às variações de salinidade que podem ocorrer na superfície do sedimento. Outro fator a ser considerado é a diminuição de macropredadores no inverno (Bemvenuti, 1987). Dessa forma, a atividade reprodutiva de algumas espécies nesse período pode ser uma estratégia de sobrevivência. O grupo Ostracoda apresentou altas densidades na primavera e no inverno, no sistema estuarino. De acordo com Kulkoyluoglu (2004) os ostrácodes apresentam tolerâncias a grandes faixas de variações ambientais e possuem a capacidade de resistir à dessecação ou de recolonizar novamente habitats inundados, sendo assim considerados cosmopolitas. Da mesma forma, os Oligochaetas, que apareceram em todas as regiões, apresentaram maiores densidades no inverno, isso pode ter acontecido por serem altamente tolerantes a situações extremas (Kazanci & Girgin, 1998). Ambos são organismos predominantemente aquáticos que se alimentam principalmente de material vegetal em decomposição (Victor, 2002) favorecendo a adaptação aos mais diversos ambientes.

Em síntese, as respostas dos organismos as mudanças climáticas é afetada pelas interações através do tempo, de mudanças ambientais que atuam regionalmente e localmente e da heterogeneidade do espaço. Estes resultados sugerem que existe uma variação espacial

explicada pela heterogeneidade ambiental ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonos, onde são encontradas grande diversidade e densidade de táxons, devido a complexidade estrutural do ambiente. Por outro lado, a homogeneidade ambiental, encontrada no sistema de água doce, trouxe baixas densidades.

A comunidade de macroinvertebrados das regiões de estuário, respondem as variações temporais de larga escala apresentando maiores densidades de organismos no período de inverno. O fator temporal precipitação foi o fator mais relevante para as respostas deste estudo, apresentando maiores valores no período do verão com as menores densidades de indivíduos.

Entretanto, a comunidade do sistema de água doce, submetida a mesmas variáveis, não apresentou variações temporais. Isso pode sugerir que comunidades de regiões homogêneas respondem melhor a outros fatores relativos a variações em pequena escala, como distúrbios ou químicos locais (Duke *et al.*, 1998), alterações nas cadeias tróficas (Townsend *et al.*, 1987), ou ainda, ser decorrente do próprio ciclo de vida e padrão comportamental das espécies, com diferenças sazonais na predominância de alguns grupos organismos em detrimento de outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J. D.. Stream ecology: structure and function of running waters. **Chapman & Hall, London.** 1995.
- Allouche O., Kalyuzhny M., Moreno-Rueda G. Pizarro M. & Kadmon R.. Area- heterogeneity tradeoff and the diversity of ecological communities. **PNAS** vol.109 (no.43) 17495-17500. 2012.
- Andrade, S. F. de. Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis. Florianópolis/SC. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina. 1996.
- Anderson, MJ PERMDISP: a FORTRAN computer program for permutational analysis of multivariate dispersions (for any two-factor ANOVA design) using permutation tests. Department of Statistics, University of Auckland 2004
- Anderson, MJ PERMANOVA: a FORTRAN computer program for pemutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland 2005.
- Anderson M. J., Ellingsen K. E. & McArdle B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecology letters**, vol. 14 (1),p. 19-28. 2006
- Bazzaz, F. A. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. **Ecology** vol.56, p.485-488. 1975.
- Bemvenuti, C. E., , Macrofauna bentônica da região estuarial da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. **ACIESP**, São Paulo, 54(1): 428-459. 1987
- Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L. & Egler, M. Especificidade de substrato, a degradação ambiental e a perturbação estruturação das assembléias de macroinvertebrados em riachos neotropicais. **Hydrobiologia**, vol. 518, p. 179-188. 2004.
- Carver, R.E.. Procedures in sedimentary petrology. **New York:**

John Wiley & Sons. 650p. 1970.

- CAMARGO, M. G. 2005. SYSGRAN - Análises e gráficos sedimentológicos. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, versão 3.0. Disponível em <<http://www.cem.ufpr/sysgran>>. Clarke, K. R. & R. N. Gorley. PRIMER v6: User manual/tutorial, PRIMER-E, Plymouth, UK. 2006.
- Cottenie K. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. **Ecology letters**, 8(11), 1175–82. 2005
- Cruz, O. A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira. **Editora da UFSC**, Florianópolis, Brasil. 276p. 1998.
- Cummins, KW. & Klug, MJ. Ecologia alimentar de invertebrados do córrego. **Revisão Anual de Ecologia e Sistemática**, vol. 10, p. 147-172. 1979.
- Duke, N. C., Ball M. C. & Ellison, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology & Biogeography Letters** 7(1), p.27-47. 1998.
- Fusverk. R. C. Diagnóstico ambiental e proposta de otimização e planejamento subsidiários ao programa de gerenciamento costeiro integrado da bacia hidrográfica do Rio Ratoes, Ilha de Santa Catarina (SC, Brasil). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas na área Concentração Gestão Ambiental), Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC; **Editora UFSC**; 2002.
- Hagberg J, Jonzén N, Lundberg P, Ripa J Uncertain biotic and abiotic interactions in benthic communities. **Oikos**, v.100,p. 353–361. 2003.
- Hutchinson G. E. Concluding remarks. Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative **Biology**., vol. 22, p. 415-127. 1957.
- Ives AR Predicting the response of populations to environmental change. **Ecology**, 76, 926–941. 1995.

- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis). Plano de Manejo Estação Ecológica Carijós. 2002. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades/coservacao/eseec_carijos.pdf (acesso em 26 de maio, 2013)
- Kapusta S. C.; Wurdig, N. L. & Bemvenuti, C. E.. Distribuição vertical da meiofauna, inverno e verão, no estuário de Tramandaí-Armazém, RS-Brasil. **Acta Limno. Brasil.** **14**(1): 81-90. 2002
- Kapusta, S. C. Padrões espaciais e temporais da macrofauna de invertebrados bentônicos no Estuário de Tamandaí-Armazém-RS, e a resposta da macro e meio fauna a um derrame experimental de óleo bruto. Tese de Doutorado apresentada ao programa de pós graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.
- Karzanci, N. & Girgin, S. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. **Turk. J. Zool.**, v. 22, p. 83-88. 1998.
- Kulkoyluoglu, O. & M. Dugel, Ecology and spatiotemporal patterns of Ostracoda (Crustacea) from Lake Golcuk (Bolu, Turkey). **Archiv für Hydrobiologie**, v.160, p. 67–83,2004.
- Kohler, S. L. Concorrência e fluxo da estrutura de uma comunidade bentônica. **Ecológica Monografias**, vol. 62, p.165-188. 1992.
- Lana, P.C. & Guiss, C.; Influence of *Spartina alterniflora* on structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (Southern Brazil). **Marine Ecology Progress Series**, 73: .231-244.1991
- Landeiro V. L., Bini L. M., Melo A. S. *et al.*The roles of dispersal limitation and environmental conditions in controlling caddisfly (Trichoptera) assemblages. **Freshwater Biology**, v.57, p.1554–1564. 2012
- Leibold M. A. & McPeck M. A Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. **Ecology**, 87(6), 1399–1410. 2006.

- Leite, F. P.P., Turra A. & Souza, E. C. F. Population biology and distribution of the tanaid *Kalliapseudes schubarti* in antertidal flat in southern Brazil. *J. Biogeogr.*, 63(3): 469-479, 2003
- McGill B. J., Enquist B., Weiher E. & Westoby M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**, 21(4), 178–185. 2006
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. Uma introdução aos insetos aquáticos da América do Norte. **Dubuque: Publishing Hunt**. 862 p. 1996.
- Netto, S. A. & Gallucci. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the island of Santa Catarina, South Brazil. **Hydrobiologia**. Vol. 505, p.159-170. 2003
- Pandit S. N., Kolasa J. & Cottenie K. Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. **Ecology** 90(8), 2253-2262. 2009
- Pennafirme S. & Souza-Gomes A. Population biology and reproduction of *Kalliapseudes schubarti* Mañé-Garzón, 1949 (Peracarida, Tanaidacea) in a Tropical Coastal Lagoon, Itaipu, Southeastern Brazil. **Crustaceana**, v. 82 (12): 1509-1526(18). 2009
- Pérez-Ruzafa A., Marcos C., Pérez-Ruzafa I. M. & Pérez-Marcos M. Coastal lagoons: “transitional ecosystems” between transitional and coastal waters. *J. Coast. Conserv.* **Springer**. 2010
- Putman, R. J. Community Ecology. **London: Chapman and Hall**, 1994.
- Reitz, R. Vegetação da Zona Marítima de Santa Catarina. **Itajaí: SELLOWIA: Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**. v.13, p.17-115. 1961.
- Schettini, C. A F. Caracterização física do Estuário do Rio Itajaí-Açu, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 7, p .132-142. 2002
- Siegfried, C.A. & Knight, A.W. Os efeitos de uma lavagem em um fluxo foothill serra. **Naturalist americano Midland**, v. 98, p. 200-207. 1977.

- Simon HA The architecture of complexity. Proceedings of the American **Philosophical Society**, v.106, p.467–82. 1962.
- Souza Sobrinho, R.J.; Bresolin, A. & Klein, R.M. Os manguezais da Ilha de Santa Catarina. **Insula** vol.2, p. 1-21. 1969.
- Souza, R.S.; Pagliosa, P. R. Distribuição espacial e temporal da macrofauna benthica na Baía da Ilha de Santa Catarina (sul do Brasil). In: XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007, Florianópolis. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 2007.
- Statzner, R.B., Gore, J.A. & Resh, V.H. Ecologia fluxo hidráulico: padrões observados e potenciais aplicações. **Jornal da North American Society Benthological**, vol. 7, p. 307-360. 1988.
- Stech, J. L & Lorenzetti, J. A. The response of the South Brazil Bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal Geophysical Research**, v. 97, n. 66, p. 9507-9520, 1992.
- Tews J, Brose U, Grimm V, Tielborger K, Wichmann M C, Schwager M, Jeltsch F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **J Biogeogr**, v..31, p.79-92. 2004
- Townsend, CR., Hildrew, AG. & Schofield, K. Persistence of stream communities in relation to environmental variability. **Journal of Animal Ecology**, v. 56, p. 597-613. 1987.
- Van De Koppel J, Herman PMJ, Thoolen P, Heip CHR. Do alternate stable states occur in natural ecosystems? Evidence from a tidal flat. **Ecology**, v.82, p. 3449–3461.2001.
- Victor, R.. Ostracoda In: FERNANDO, C. H. ed. A guide tropical freshwater zooplankton. **Backhuys Publishers**. 283p. 2002
- Wilmers CC, Post E, Hastings A) A perfect storm: the combined effects on population fluctuations of autocorrelated environmental noise, age structure, and density dependence. **American Naturalist**, v. 169, p. 673–683. 2007
- Weihner E. & Keddy P. Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats. **Cambridge University Press**, New York. 2001

Wood, D.L. e R.W. Sites.. Submerged rootmats: a mesohabitat harboring a distinct insect community in Ozark Stream. **Journal of Freshwater Ecology** v.17, p. 431-440.2002.

Ziv, Y.On the scaling of habitat specificity with body size. **Ecology**, v. 81, n. 10, p. 2932-2938. 2000.

Anexo 1. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário externo da Bacia Hidrográfica do Rio Ratoes, nas estações do ano.

	L1				L2				L3			
	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out
Polychaeta												
<i>Paraprionospio pinnata</i>	11	114	6	0	76	0	0	0	969	67	25	61
<i>Laeonereis acuta</i>	171	50	1	4	169	0	0	1	298	25	1	0
<i>Heteromastus similis</i>	17	47	36	48	65	24	19	13	43	24	23	87
<i>Nephtys fluvialis</i>	2	25	17	19	3	19	15	22	5	26	15	3
<i>Capitella</i> sp.	18	11	0	0	12	1	0	0	7	1	0	0
<i>Polydora</i> sp.	3	4	0	1	12	0	0	0	18	0	0	0
<i>Eteone</i> sp.	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isolda pulchela</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycinde multidentis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sigambra</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	3	0	4	3	13	0	0	1	14	2	38	2
Oligochaeta	1	1	1	4	0	0	0	0	485	74	40	60
Crustacea												
<i>Monokallapseudes schubarti</i>	58	117	31	209	399	2	2	7	189	1552	1133	368
<i>Heleobia australis</i>	4	4	1	0	5	1	0	0	15	26	14	2
<i>Tellina</i> sp.	28	6	1	0	15	10	4	2	5	1	0	0
<i>Tagelus plebeius</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda sp.	16	1	0	2	0	0	0	0	3	1	3	3
<i>Lucina pectinata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cumacea sp.	5	8	0	0	1	13	0	1	0	0	0	0
Gammaridea sp.	0	1	3	3	0	0	0	0	2	10	1	1
Monocorophium sp.	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphaeromatidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cirripedia sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryozoa	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Hydrozoa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Campanulariidae sp.	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Anthozoa												
Actiniaria sp.	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Edwardsia sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Phoronidas	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Chordata												
Branchiostoma platae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 2. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário interno da Bacia Hidrográfica do Rio Ratoes, nas estações do ano.

	L4				L5				L6			
	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out
Polychaeta												
Paraprionospio pinnata	577	80	3	5	174	4	14	0	843	0	0	0
Laeonereis acuta	118	1	0	4	129	53	0	0	717	18	4	1
Heteromastus similis	330	190	45	62	23	15	41	6	7	0	0	0
Nephtys fluviatilis	12	49	35	104	7	162	95	80	9	79	26	46
Capitella sp.	22	1	0	0	0	0	0	1	58	4	0	1
Polydora sp.	25	0	0	1	1	0	0	0	23	0	1	0
Isolda pulchela	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sigambra sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eteone sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glycinde multidentis	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratocephale oculata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Aricidea sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Nematoda	8	0	0	3	9	11	3	1	59	8	0	0
Oligochaeta	23	21	0	0	38	34	31	15	962	18	0	0
Crustacea												
Heleobia australis	56	79	3	1	12	29	4	1	6	4	0	0
Ostracoda sp.	45	85	1	18	22	1089	103	23	697	352	85	106
Monokalliapseudes schubarti	33	31	5	288	13	91	269	44	605	544	8	9
Tellina sp.	28	9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Monocorophium sp.	5	0	0	6	0	1	0	0	2	3	0	7

Cumacea sp.	4	13	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridea sp.	0	0	0	2	0	0	0	0	8	3	0	3
Lucina pectinata	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flabellifera sp.	0	0	0	0	0	4	0	4	1	1	0	1

Anexo 2.(continuação) Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário interno da Bacia Hidrográfica do Rio Ratonés, nas estações do ano.

ANEXO 2(2)	L4				L5				L6			
	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out
Zoea sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tagelus plebeius	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Goneplacidae sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caridea sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinea	0	0	0	1	7	6	0	0	2	5	0	0
Copepoda												
Calanoidea	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0
Harpacticoidea	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1
Insecta												
Chironominae	0	0	0	1	1	5	0	0	2	44	8	7
Mesovillidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Thysanoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Acari												
Hydrachnidia	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Bryozoa	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemertea	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hydrozoa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Campanulariidae	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Clytia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eudendrium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Phoronida	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hexapoda													
	Entobryidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anexo 3. Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Sistema de água doce da Bacia Hidrográfica do Rio Ratoões, nas estações do ano.

	L7				L8				L9			
	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out
Diptera - Chironomidae												
Tanytopodinae sp.	27	45	9	14	7	0	5	1	24	15	19	22
Chironominae sp.	12	3	0	3	4	0	0	0	68	2	7	1
Orthoclaadiinae sp.	17	1	0	0	1	0	1	3	13	0	1	0
Diptera - Ceratopogonidae	14	6	7	4	0	0	1	2	4	1	6	0
Diptera - Tipulidae	11	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Diptera - Simuliidae	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0
Oligochaeta	4	14	9	4	9	11	2	7	60	10	5	5
Nemertea	1	4	0	0	40	6	11	0	43	11	0	3
Acarina												
Hydracarina	0	14	1	18	0	0	0	0	0	0	0	1
Coleoptera												
Elmidae	6	13	1	3	0	1	0	3	3	0	0	0
Nematoda	0	1	2	1	10	1	0	0	5	0	0	1

Tricladida	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Ephemeroptera													
Baetidae	6	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rivudiva sp.	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aditropus sp.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloeodes sp.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptophlebiidae	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caenidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastropoda													
Heleobia australis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
Bivalvia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 3.(continuação) Tabela com o numero de indivíduos identificados da macrofauna bêntica por local, correspondente ao Estuário externo da Bacia Hidrográfica do Rio Ratoes, nas estações do ano.

	L7				L8				L9			
	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out
Plecoptera												
Anacroneuria sp.	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Tupiperla sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Paragripopteyx sp.	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crustacea												
Tanaidacea	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Isopoda sp.	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Collembola	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Odonata												
Gomphidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Desmogomphus	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Progomphus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Perithemis	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Trichoptera												
Smicridea sp.	8	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0
Mortoniella sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cynnellus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Polycentropodidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidroptilidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinea	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidoptera													
Pyralidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0