



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS



Gisele Cavalcante Moraes

VARIABILIDADE EM DISTINTAS ESCALAS ESPAÇO-TEMPORAIS
DA MACROFAUNA BÊNICA DE UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL

Pontal do Paraná – PR

Abril, 2012

Gisele Cavalcante Moraes

**VARIABILIDADE EM DISTINTAS ESCALAS ESPAÇO-TEMPORAIS
DA MACROFAUNA BÊNICA DE UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL**

*Projeto de Doutorado apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas Costeiros e Oceânicos da
Universidade Federal do Paraná, Centro
de Estudo do Mar em Pontal do Sul-
Paraná.*

Orientador: Dr. Paulo da Cunha Lana

Pontal do Paraná – PR

Abril, 2012

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	3
2 HIPÓTESES.....	5
3 OBJETIVOS.....	5
3.1. Geral.....	5
3.2. Específicos.....	5
4 JUSTIFICATIVA.....	6
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
5.1. Caracterização da área.....	8
5.2. Delineamento amostral.....	9
5.3. Coleta de amostras.....	11
5.4. Análise dos dados.....	12
6 RESULTADOS ESPERADOS.....	14
7 VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA.....	15
8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	16
REFERÊNCIAS.....	17

1 INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos envolvidos na interação entre a biota e os fatores ambientais e seus efeitos nos sistemas ecológicos é importante para a conservação da diversidade biológica e dos diferentes ecossistemas. Análises ecológicas partem inicialmente da identificação de padrões de distribuição dos organismos para posteriormente compreender os principais fatores e processos biológicos por eles responsáveis (Paine, 1986; Underwood, Chapman & Connell, 2000).

De acordo com Wiens (1989), no ambiente os organismos respondem aos fenômenos ecológicos que ocorrem simultaneamente em diferentes escalas de variação espaciais e temporais. A variabilidade espacial e temporal ocorre naturalmente e é identificada por mudanças no número de espécies e nas densidades populacionais (Magurran & Dornelas, 2010; Underwood et al., 2000). Os padrões de distribuição espacial e temporal de uma comunidade natural podem ser gerados por uma variedade de fatores intrínsecos, como predação, competição e recrutamento, ou extrínsecos, como correntes marinhas, variações climáticas e poluição (Levin, 1992; Levin & Paine, 1974).

Os fatores que atuam no padrão de distribuição dos organismos podem envolver processos locais, regionais ou globais, com as diversas variáveis físicas, químicas e/ou biológicas contribuindo de forma mais ou menos relevante para a compreensão dos padrões populacionais ou de comunidades (Gray & Elliott, 2009; Little, 2000). Entretanto, estes fatores geralmente não atuam de forma independente, existindo uma complexa interação entre variáveis bióticas e abióticas na regulação da presença e abundância das espécies bênticas no ambiente (McArthur et al., 2010). Organismos estuarinos podem variar ao longo de gradientes ambientais em múltiplas escalas espaciais e temporais (Dethier & Schoch, 2005; Josefson, 2009; Zettler, Schiedek & Bobertz, 2007). Isto ocorre porque os processos na natureza não se restringem a uma escala espacial ou temporal específica, podendo atuar em todas as escalas ou ser predominantes em uma determinada escala, e assim originando padrões dependentes de escala (Lopez de Casenave et al., 2007).

A distribuição de organismos bênticos pode ser afetada por diversas variáveis, como textura do sedimento, salinidade, turbidez, profundidade, pH, matéria orgânica dissolvida e oxigênio dissolvido (Cortelezzi et al., 2007; Glockzin &

Zettler, 2008; Sousa, Dias & Antunes, 2007). A variação de salinidade é um dos principais fatores que determinam os padrões de distribuição das espécies estuarinas (Attrill, 2002; McLusky & Elliott, 2004). Attrill (2002) propôs um modelo linear da diversidade estuarina indicando uma relação linear negativa entre diversidade de espécies e o aumento da amplitude na salinidade. Entretanto, recentes pesquisas realizadas em substratos inconsolidados (Ysebaert et al., 2003; Zettler et al., 2007) e em costões rochosos (Gimenez et al., 2010) nos estuários têm demonstrado uma relação positiva entre grupos bênticos e o aumento da salinidade de montante à jusante. Outros trabalhos destacam a transição das assembleias bênticas ou mudanças na composição dos organismos ou substituição de espécies bênticas ao longo do gradiente de salinidade (Attrill & Rundle, 2002; Barros et al., 2008; Cortelezzi et al., 2007).

Neste mesmo contexto, a compreensão dos padrões de distribuição dos organismos também está sendo realizada através da relação entre riqueza de espécies e a função das espécies no ambiente. Gray & Elliott (2009) destacam hipóteses que podem explicar a importância funcional das espécies no ambiente: todas as espécies são igualmente importantes para o funcionamento eficiente do sistema e não podem ser removidas; somente algumas são realmente importantes, mas não podem ser substituídas; ou algumas espécies são mais importantes que outras, mas elas apresentam interações com outras espécies equivalentes funcionais, causando a redundância no sistema. Os sistemas com alta redundância trófica são mais resilientes do que aqueles com apenas uma ou algumas espécies assumindo uma determinada função ecológica (Johnson et al., 1996; Magalhaes & Barros, 2011). Estas características têm sérias implicações para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação dos sistemas estuarinos.

As descrições dos padrões de distribuição nos estuários encontrados na literatura mostram que as informações foram obtidas principalmente de sistemas estuarinos temperados, o que dificulta a compreensão dos padrões numa perspectiva macroecológica. Além disso, os estudos geralmente não utilizam amostragens hierarquizadas, dificultando a compreensão e definição das principais forças ambientais que atuam em distintas escalas de espaço e tempo. A variabilidade do bentos ocorre em distintas escalas hierárquicas, sugerindo que uma determinada escala pode ser mais importante numa área do que em outra, dependendo dos fatores atuantes (Chapman et al., 2010; Underwood, 2000a). As

escalas espaciais e temporais hierarquizadas devem ser utilizadas para melhor descrever os padrões observados (Lopez de Casenave et al., 2007; Underwood, 2000b).

2 HIPÓTESES

a) Se o gradiente de salinidade e energia influencia a estruturação da macrofauna bêntica, então esperamos encontrar maior variabilidade do número de táxons, da densidade, da biomassa e da composição das associações bênticas na maior escala espacial (km) em diferentes períodos do ano;

b) Se o gradiente de salinidade e energia não influencia a função trófica das associações bênticas, então esperamos encontrar sobreposição funcional ao longo do eixo longitudinal em estuário subtropical nos diferentes períodos do ano.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Analisar a variação espacial e temporal na estrutura das associações bênticas de baixios entremarés não vegetados usando um desenho de amostragem hierárquico ao longo do gradiente de salinidade e energia na Baía de Guaratuba, estuário subtropical no sul do Brasil.

3.2 ESPECÍFICOS

- Quantificar a variabilidade do número de táxons, densidade e composição das associações bênticas ao longo do gradiente de salinidade e energia em escalas espaciais hierarquizadas, com replicação subsazonal, procurando inferir fatores ambientais e processos bioecológicos mais relevantes em cada escala;

- Reconhecer espécies bênticas, grupos taxonômicos e/ou funcionais como táxons-chave na estrutura e funcionamento do sistema estuarino;
- Analisar a relação entre riqueza e diversidade de grupos tróficos funcionais das associações bênticas, considerando a redundância ecológica ao longo do gradiente de salinidade e energia do sistema estuarino.

4 JUSTIFICATIVA

Os estuários apresentam importantes relações funcionais com o continente e outros habitats costeiros, com espécies que desempenham um papel ecológico e econômico fundamental (Gray & Elliott, 2009; Little, 2000). Os invertebrados bênticos, por exemplo, podem contribuir para a ciclagem de nutrientes e outros compostos químicos do sedimento e da coluna d'água, auxiliar na estruturação do sedimento formando áreas de reprodução, proteção e alimentação para outras espécies, estabelecer relações tróficas entre si e com outros organismos.

As principais informações disponíveis na literatura sobre a estruturação dos invertebrados bênticos nos sistemas estuarinos foram baseadas em trabalhos realizados nas regiões temperadas. Há ainda muitas lacunas no conhecimento das associações bênticas estuarinas de áreas tropicais e subtropicais. Em muitos locais não há qualquer tipo de estudo e em outros existem apenas descrições sobre os padrões de distribuição e diversidade dos organismos em relação a diferentes variáveis, utilizando um único estuário ou mesmo escalas espaciais não hierarquizadas. Nestes casos, os trabalhos desenvolvidos geralmente utilizam métodos de transecções transversais ou longitudinais seguindo o gradiente de salinidade do estuário, dificultando a compreensão e definição das principais forças ambientais que atuam em distintas escalas de espaço e tempo. As escalas espaciais e temporais hierarquizadas devem ser utilizadas para melhor descrever os padrões observados (Lopez de Casenave et al., 2007; Underwood, 2000b). As análises hierárquicas são úteis para detectar quais fatores atuam em determinada escala espacial e suas variações no tempo, ampliando o conhecimento sobre o funcionamento dos sistemas estuarinos e auxiliando no desenvolvimento de

ferramentas para avaliar mudanças naturais e possivelmente antrópicas na distribuição das espécies.

No litoral sul do Brasil, continuam escassas as informações sobre os padrões de distribuição da fauna bêntica de baixios entremarés cobrindo todo o gradiente estuarino de salinidade. Uma diversificada fauna de invertebrados bênticos pode ser encontrada em áreas de baixios não vegetados no sul do Brasil (Boehs et al., 2004; Rosa & Bemvenuti, 2007), destacando a importância destes habitats para a conservação da biodiversidade nas zonas costeiras. A Baía de Guaratuba foi definida como área de prioridade extremamente alta para a conservação da biodiversidade pelo Ministério do Meio Ambiente por apresentar alta importância biológica (MMA, 2004) e está inserida dentro dos limites da APA de Guaratuba. Entretanto, as informações sobre os invertebrados bênticos neste estuário ainda são restritas a um determinado grupo taxonômico, ou são realizadas em apenas um trecho do estuário, ou não contemplam múltiplas escalas espaço-temporais (Barros et al., 2001; Blankensteyn & Moura, 2002; Masunari, 2006), o que dificulta o planejamento de ações futuras para ordenamento no uso de recursos naturais e mitigação de impactos ambientais.

A Baía de Guaratuba vêm sofrendo com a ocupação humana desordenada nas últimas décadas, com atividades de maricultura, pesca, agricultura, navegação e turismo, que aumentou a pressão sobre os recursos naturais e níveis de contaminação. Estes fatores levam à degradação do ambiente e consequentemente podem afetar diretamente o padrão de distribuição dos organismos bênticos que são sensíveis às mudanças que ocorrem no ambiente, sendo frequentemente utilizados em estudos de monitoramento. Os organismos bênticos apresentam um papel importante no funcionamento dos sistemas estuarinos como bioindicadores de qualidade/saúde destes ambientes. Qualquer alteração na densidade e/ou diversidade destes organismos pode indicar processos de degradação no sistema estuarino. As mudanças na biodiversidade podem ter consequências diretas para os processos ecológicos e consequentemente para os serviços ambientais que beneficiam as atividades econômicas e sociais do homem (Chapin et al., 2000).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A pesquisa será realizada na Baía de Guaratuba localizada no litoral do Paraná, estuário subtropical da região sul do Brasil (Figura 1). Este estuário está localizado no compartimento Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas, caracterizado pela presença da Serra do Mar, onde é possível encontrar uma grande diversidade de paisagens, com o desenvolvimento de extensas planícies costeiras (Muehe & Nicolodi, 2008; Tessler & Goya, 2005).

Essa região do litoral brasileiro é dominada por micromarés semi-diurnas, com amplitudes de maré máxima inferiores a 3 m, apresentando extensas áreas de manguezais margeando os estuários (Schaeffer-Novelli & Cintrón-Molero, 1999; Schaeffer-Novelli, Cintrón-Molero & Adaima, 1990) e uma grande quantidade de fundos rasos, conhecidos como baixios (Noernberg et al., 2008). O clima da região é do tipo “Cfa”: C = clima pluvial temperado; f = sempre úmido; a = temperatura média do ar no mês mais quente é 22°C (Lana et al., 2001; Vieira et al., 2008).

A Baía de Guaratuba se destaca como um importante sistema estuarino no litoral sul do Paraná, apresentando uma extensão de 1.724 km² e área superficial de 50,19 km² (Noernberg et al., 2008; Noernberg et al., 2004). Este estuário se caracteriza por apresentar uma forte estratificação horizontal e vertical de salinidade quando comparado a outros estuários do litoral paranaense, principalmente no período chuvoso (Marone et al., 2004; Mizerkowski et al., 2012).

Embora já se tenha registro de altos níveis de mercúrio na baía que podem estar associados a lançamento de efluentes da agricultura (Sanders et al., 2006), além da forte pressão urbana, turismo e desmatamento, o município de Guaratuba apresenta 95% da sua área total inserida em unidades de conservação (Área de Proteção Ambiental-APA e Parques) (Brandini, 2008). A Baía de Guaratuba faz parte de um mosaico de ambientes da APA de Guaratuba, inserida entre importantes áreas de conservação, como a Lagoa do Parado, e duas unidades de conservação de proteção integral dentro dos limites da APA, o Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange e o Parque Estadual do Boguaçu. Isso faz com que esta região apresente belezas cênicas preservadas, recursos hídricos protegidos, incentivo ao desenvolvimento regional através da conservação e uso sustentável dos recursos

naturais, servindo como zona-tampão entre áreas de proteção mais rigorosas (Brandini, 2008).

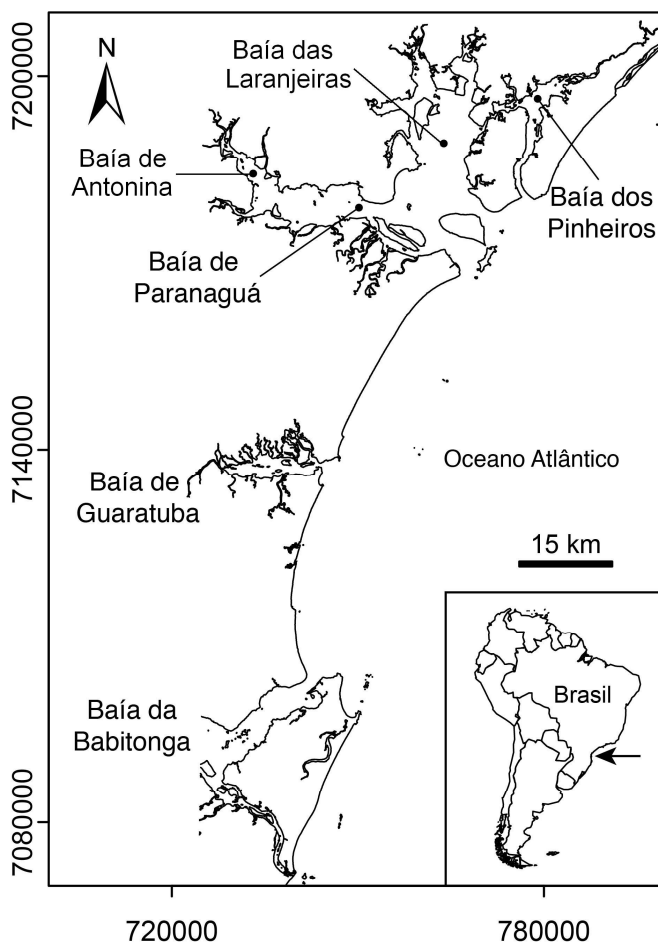


Figura 1 – Mapa da área de estudo, e em destaque o estuário da Baía de Guaratuba na região Sul do Brasil, na América do Sul.

5.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

As coletas serão realizadas no ano de 2012 em baixios não vegetados ao longo do eixo longitudinal principal do estuário para estabelecer um padrão geral da distribuição dos invertebrados bênticos na Baía de Guaratuba.

O delineamento amostral adotará um modelo misto, considerando fatores espaciais ortogonais a fatores temporais (Figura 2), seguindo as sugestões de Underwood (1997). Para avaliar a variabilidade temporal serão realizadas campanhas quinzenais subsequentes, com replicação subsazonal em quinzenas subsequentes em cada período: quatro no final do período chuvoso (março-abril) e quatro no final do período seco (outubro-novembro). O estuário será dividido em três

Setores que estarão distanciados entre si na escala do quilômetro (10^0 km) ao longo do gradiente de salinidade e energia. O Setor Interno (Setor 1) será o de menor salinidade (oligohalino), ou seja, região à montante do estuário; o Setor Central (Setor 2) com “salinidade intermediária” (meso ou polihalino), ou seja, região intermediária do estuário; e o Setor Externo (Setor 3) com maior salinidade (euhalino), ou seja, região à jusante, na desembocadura do estuário.

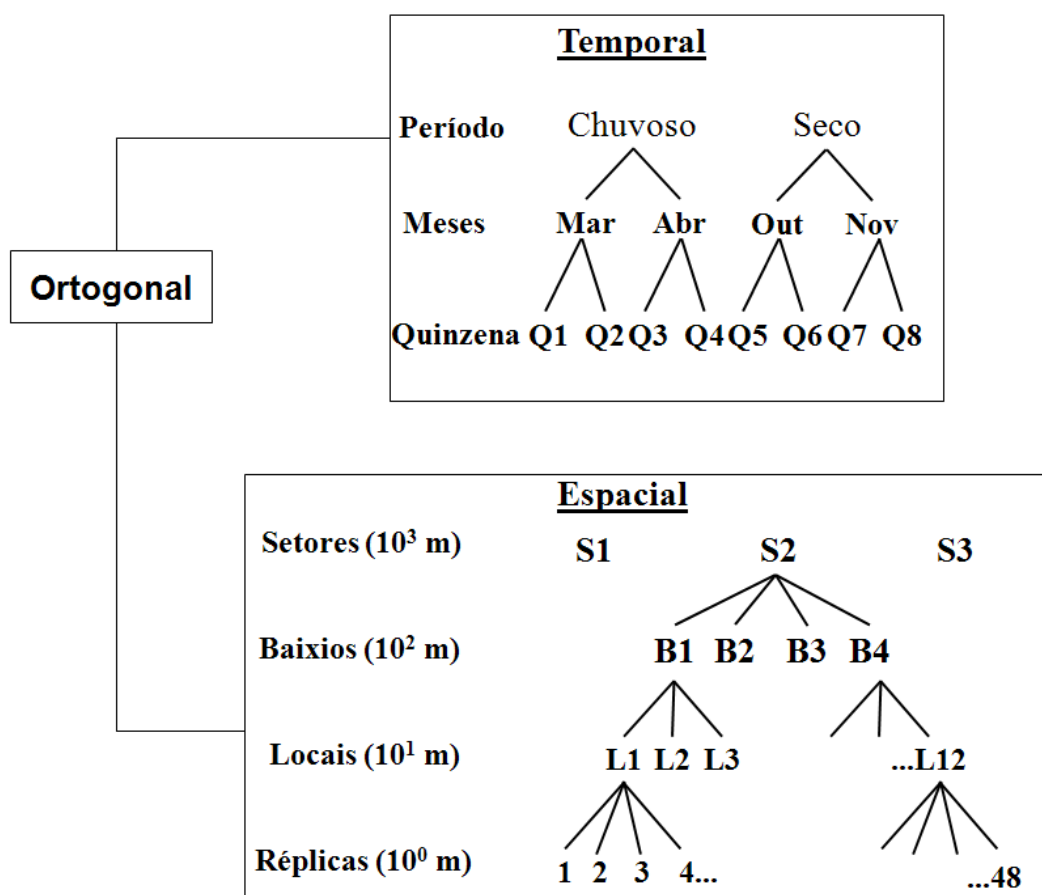


Figura 2 – Desenho amostral com a indicação das escalas espaciais e temporais de variação para avaliação da fauna benthica na Baía de Guaratuba, região Sul do Brasil.

Em cada Setor foram determinados quatro Baixios de forma aleatória, distanciadas entre si na escala de centenas de metros (10^2 m) e em cada um deles foram escolhidos aleatoriamente três Locais com área de 4 m^2 , distanciados entre si na escala de dezenas de metros (10^1 m). A posição dos Baixios no interior da Baía foi padronizada em relação ao eixo principal de modo a evitar as desembocaduras dos rios e gamboas nas margens estuarinas, reconhecidamente capazes de quebrar

o gradiente de salinidade, formando microestuários. Em cada Local foram tomadas quatro unidades amostrais para a fauna bêntica separadas na escala do metro (10^0 m) utilizando corer de PVC com 20 cm de diâmetro e 10 cm de altura, além de coleta de amostras para análises físico-químicas da água e do sedimento.

O trabalho apresentará um total de 1152 amostras de sedimento para análise da fauna (8 campanhas X 3 setores X 4 baixios X 3 locais X 4 réplicas); além de 288 amostras de sedimento para análises granulométricas, matéria orgânica, carbonato de cálcio (CaCO_3), carbono orgânico, fósforo, nitrogênio e pigmentos fotossintéticos, 288 amostras de água percolada para medidas de salinidade e pH, 288 medidas de temperatura do sedimento (8 campanhas X 3 setores X 4 baixios X 3 locais X 1 réplica); e 864 medidas para avaliação da camada de oxi-redução do sedimento (8 campanhas X 3 setores X 4 baixios X 3 locais X 3 réplicas).

5.3 COLETA DE AMOSTRAS

Para coleta da fauna bêntica são utilizados corers de PVC de 20 cm de diâmetro e 10 cm de altura. As amostras de sedimento para análise da fauna são fixadas em formaldeído a 4% e levadas para triagem em laboratório, onde serão posteriormente transferidas para solução de álcool a 70%. Para separação do material biológico são utilizadas peneiras com malha de 0,5 mm. Os animais coletados serão identificados ao menor nível taxonômico possível, utilizando chaves de identificação específicas.

Em cada local é coletada uma amostra de água percolada do sedimento para medidas de salinidade obtidas com auxílio de um refratômetro e de pH usando um pHmetro. Simultaneamente são tomadas *in situ* medidas de temperatura do sedimento com auxílio de um termômetro digital de precisão e do potencial de oxi-redução da camada do sedimento utilizando-se um potenciômetro portátil com eletrodo de vidro combinado.

Uma porção do sedimento é coletada e posteriormente congelada para avaliar a granulometria e o teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio (CaCO_3). A granulometria do sedimento será analisada pelo método de pipetagem e peneiramento descrito por Suguio (1973). Os parâmetros granulométricos serão estimados pelo método de Folk & Ward (1957) e analisados com o pacote rysgran para o ambiente R (Camargo et al., 2011). A quantidade de matéria orgânica será medida pela diferença entre os pesos inicial e final após queima de 5 g de sedimento

em forno mufla a 550°C durante 1 hora. O teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) será obtido pela diferença do peso inicial e o peso final após acidificação de 10 gramas de sedimento em solução de ácido clorídrico (HCL) a 1 mol.L⁻¹.

Uma porção do sedimento superficial é coletada utilizando potes de filmes escuros (3 cm de diâmetro e 4,5 cm de altura), e posteriormente congelados para estimativas da concentração de nutrientes (carbono orgânico, fósforo e nitrogênio total), clorofila a e feopigmentos. A determinação das concentrações de nitrogênio orgânico total e fósforo orgânico total serão realizadas por oxidação com persulfato e medição colorimétrica (Grasshoff et al., 1983) e as concentrações de carbono orgânico total (COT) pelo método de oxidação (Strickland & Parsons, 1972). As concentrações de clorofila a e feopigmentos serão determinadas através das leituras de absorbâncias a 665 e 750 μm , com aplicação da equação de Lorenzen (1967).

5.4 ANÁLISE DOS DADOS

A composição das associações bênticas será analisada a nível de grupos taxonômicos e guildas alimentares (classificação baseada na literatura). As variáveis biológicas dependentes, utilizadas para a caracterização da estrutura das associações de invertebrados bênticos no estuário, serão o número de táxons, número de grupos funcionais e a densidade dos táxons numericamente dominantes.

Uma análise de correlação será utilizada para verificar a relação de associação entre a riqueza de táxons e a diversidade funcional dos organismos (guildas alimentares) ao longo do gradiente de salinidade e energia do estuário em diferentes períodos do ano. A redundância funcional será calculada para cada Local usando a razão entre a riqueza de táxons (S) e a diversidade funcional (FD): razão (FD/S). A razão FD/S é considerada uma importante ferramenta para visualizar a redundância funcional em estuários: quando a razão aumenta, a redundância funcional diminui e *vice versa* (van der Linden et al., 2012).

A significância das diferenças entre variáveis biológicas (densidade, nº táxons, nº grupos funcionais, razão FD/S) nas diversas escalas será testada por uma análise de variância (ANOVA), incorporando os fatores espaciais e temporais: Setores (S, 3 níveis, aleatório); Baixios (B, 4 níveis, aleatório e aninhado em Setor); Locais (L, 3 níveis, aleatório e aninhado em Baixo); Períodos (P, 2 níveis, fixo); Meses (M, 2 níveis, aleatório e aninhado em Períodos); Quinzenas (Q, 2 níveis, aleatório e aninhado em Meses e Períodos). Os dados deverão ser descritos pelo

modelo linear com seis fatores: $X = \mu + S_i + B(S)_{j(i)} + L(B(S))_{k(j(i))} + P_l + M(P)_{m(l)} + Q(M(P))_{n(m(l))} + SP_{il} + S M(P)_{im(l)} + S Q(M(P))_{in(m(l))} + P B(S)_{lj(i)} + P L(B(S))_{lk(j(i))} + B(S) M(P)_{jl(i)} + B(S) Q(M(P))_{jn(m(l))} + L(B(S)) M(P)_{k(j(i))m(l)} + L(B(S)) Q(M(P))_{k(j(i))n(m(l))} + e_{ijklmno}$, onde X é a variável resposta; μ é a média geral; $e_{ol(k(j))n(m)}$ é o erro ou resíduo. A heterogeneidade das variâncias será avaliada com o teste de Cochran ($p < 0,05$). A magnitude da variação será avaliada pelo componente de variância (VC). A comparação múltipla das médias será realizada usando o teste Student-Newman-Keuls (SNK), considerando o valor de $p \leq 0,05$. Estas análises serão realizadas com o pacote GAD (Sandrini-Neto & Camargo, 2010).

Análises multivariadas serão utilizadas para descrever os padrões dos invertebrados bênticos em relação aos Setores e Período de amostragem. Os dados de densidade serão agregados em nível de espécie e guildas alimentares. Será construída uma matriz de similaridade utilizando-se o índice de Bray-Curtis a partir das matrizes originais de dados biológicos para densidade.

Uma análise de proximidade ou escalonamento multidimensional (nMDS) será usada para descrever as tendências de variação de densidade das associações bênticas em relação às diferentes escalas espaciais ao longo do gradiente estuarino de salinidade em cada estação do ano. Na Análise da Porcentagem da Similaridade (SIMPER) serão considerados importantes diferenciadores os táxons que contribuírem com $>70\%$ da dissimilaridade. Uma PERMANOVA (Anderson, 2001) será usada para testar a significância das diferenças entre associações bênticas ao longo do gradiente estuarino de salinidade dos estuários, considerando os mesmos fatores para a ANOVA.

A variabilidade ambiental será avaliada por uma Análise de Componentes Principais (PCA) para seleção das variáveis que melhor respondem pela variância dos dados. A associação entre variáveis ambientais e biológicas será testada por uma Análise de Correspondência Canônica (CCA). As variáveis biológicas utilizadas nesta análise serão as mesmas das análises multivariadas descritas acima.

Todas as análises univariadas e multivariadas (exceto PERMANOVA), além dos gráficos, serão produzidos na linguagem e ambiente computacional R (R Development Core Team, 2009).

6 RESULTADOS ESPERADOS

a) Geração de conhecimento sobre os padrões de distribuição de invertebrados bênticos em distintas escalas temporais e espaciais hierarquizadas ao longo de um gradiente de salinidade e energia em estuário subtropical, considerando as principais fontes de variação natural em cada escala nesses sistemas;

b) Os resultados obtidos nesta pesquisa serão apresentados em Congressos Científicos nacionais e internacionais. Além disso, serão elaborados manuscritos científicos para submissão em periódicos internacionais de ampla circulação;

c) Artigos derivados da tese

Estruturalmente a tese estará dividida em três capítulos. No primeiro capítulo será apresentada uma revisão geral crítica da problemática em estudo, caracterizando os estuários e a estruturação das associações de invertebrados bênticos nestes ambientes. Serão abordados os diferentes padrões e processos que ocorrem neste tipo de habitat, com implicações para a conservação e monitoramento dos sistemas estuarinos. Esta revisão bibliográfica possivelmente será submetida para a revista *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*.

No segundo capítulo serão avaliados os padrões de distribuição dos invertebrados em baixios entremarés não vegetados, considerando distintas escalas espaciais hierarquizadas ao longo do gradiente estuarino de salinidade e energia, que podem variar quinzenalmente em diferentes períodos do ano. Neste capítulo serão destacadas as escalas espaciais e temporais de maior variabilidade da macrofauna bêntica inferindo as principais forças responsáveis pela variação no sistema estuarino. Para isso, serão destacados os padrões de distribuição dos principais grupos taxonômicos de organismos e a composição da macrofauna bêntica nestas regiões estuarinas. A revista alvo para esta publicação é a *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

O terceiro capítulo avaliará se existe relação entre riqueza e diversidade funcional trófica dos macroinvertebrados no sistema estuarino subtropical em estudo. Neste capítulo também serão destacados possíveis grupos e/ou espécies bênticas como indicadores biológicos da qualidade ambiental. Será realizada uma investigação sobre possíveis correlações entre variáveis ambientais e grupos

funcionais, considerando a redundância ecológica do sistema estuarino. O artigo originado deste capítulo será submetido para o periódico científico *Marine Ecology Progress Series*.

7 VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA

O desenvolvimento do projeto conta com a infra-estrutura do Laboratório de Bentos do Centro de Estudos do Mar (CEM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os estudos são beneficiados pela privilegiada localização do CEM nas proximidades da Baía de Paranaguá, um dos maiores e mais bem preservados complexos estuarinos da costa sudeste brasileira. Além da estrutura compartilhada por todo o CEM (barcos, bibliotecas, anfiteatro, etc.), o laboratório de bentos tem à sua disposição equipamentos básicos de amostragem (dragas, redes, gaiolas de exclusão, amostradores, etc.), de processamento de amostras (lupas, microscópios, peneiras, etc.) e de processamento de dados (microcomputadores, impressoras, softwares, etc.). O projeto também contará com o apoio dos Laboratórios de Biogeoquímica Marinha e Oceanografia Geológica do CEM, que possuem equipamentos e infra-estrutura necessária para as análises físico-químicas do sedimento. A pesquisa contará com auxílio financeiro permanente do Laboratório de Bentos do CEM por meio de recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Petróleo Brasileiro S/A (Petrobrás).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* **26**, 32-46.
- ATTRILL, M. J. (2002). A testable linear model for diversity trends in estuaries. *Journal of Animal Ecology* **71**, 262-269.
- ATTRILL, M. J. & RUNDLE, S. D. (2002). Ecotone or ecocline: Ecological boundaries in estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **55**, 929-936.
- BARROS, F., BORZONE, C. A. & ROSSO, S. (2001). Macroinfauna of Six Beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **44**, 351-364.
- BARROS, F., HATJE, V., FIGUEIREDO, M. B., MAGALHAES, W. F., DOREA, H. S. & EMIDIO, E. S. (2008). The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguacu estuarine system, NE, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **78**, 753-762.
- BLANKENSTEYN, A. & MOURA, R. S. (2002). Lista preliminar das espécies da macrofauna de fundos inconsolidados da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **19**, 715-721.
- BOEHS, G., ABSHER, T. M. & CRUZ-KALED, A. D. (2004). Composition and distribution of benthic molluscs on intertidal flats of Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). *Scientia Marina* **68**, 537-543.
- BRANDINI, N. (2008). Biogeoquímica da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil: Origem, metabolismo, balanço de massa e destino da matéria biogênica. 278 p. Universidade Federal Fluminense (Tese de Doutorado em Geoquímica Ambiental). Niterói, 2008.
- CAMARGO, M. G., GILBERT, E. R. & SANDRINI-NETO, L. (2011). *Grain size analysis, textural classifications and distribution of unconsolidated sediments*, R Package for sediments analysis. Available on CRAN.
- CHAPIN, F. S., ZAVALA, E. S., EVINER, V. T., NAYLOR, R. L., VITOUSEK, P. M., REYNOLDS, H. L., HOOPER, D. U., LAVOREL, S., SALA, O. E., HOBIE, S. E., MACK, M. C. & DÍAZ, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**, 234-242.
- CHAPMAN, M. G., TOLHURST, T. J., MURPHY, R. J. & UNDERWOOD, A. J. (2010). Complex and inconsistent patterns of variation in benthos, micro-algae and sediment over multiple spatial scales. *Marine Ecology-Progress Series* **398**, 33-47.
- CORTELEZZI, A., CAPITULO, A. R., BOCCARDI, L. & AROCENA, R. (2007). Benthic assemblages of a temperate estuarine system in South America: Transition from a freshwater to an estuarine zone. *Journal of Marine Systems* **68**, 569-580.
- DETHIER, M. N. & SCHOCH, G. C. (2005). The consequences of scale: assessing the distribution of benthic populations in a complex estuarine fjord. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **62**, 253-270.

- FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957). Brazos River Bar: a study in the significance on grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* **27**, 3-26.
- FUJII, T. (2007). Spatial patterns of benthic macrofauna in relation to environmental variables in an intertidal habitat in the Humber estuary, UK: Developing a tool for estuarine shoreline management. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **75**, 101-119.
- GIMENEZ, L., BORTHAGARAY, A. I., RODRIGUEZ, M., BRAZEIRO, A. & CARRANZA, A. (2010). Rocky intertidal macrobenthic communities across a large-scale estuarine gradient. *Scientia Marina* **74**, 87-100.
- GLOCKZIN, M. & ZETTLER, M. L. (2008). Spatial macrozoobenthic distribution patterns in relation to major environmental factors - A case study from the Pomeranian Bay (southern Baltic Sea). *Journal of Sea Research* **59**, 144-161.
- GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M. & KREMLING, K. (1983). *Methods of Seawater Analysis*, 2 nd edition, Verlag Chemie: Weinheim.
- GRAY, J. S. & ELLIOTT, M. (2009). *Ecology of Marine Sediments*, 2 edition. Oxford University Press.
- JOHNSON, K. H., VOGT, K. A., CLARK, H. J., SCHMITZ, O. J. & VOGT, D. J. (1996). Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* **11**, 372-377.
- JOSEFSON, A. B. (2009). Additive partitioning of estuarine benthic macroinvertebrate diversity across multiple spatial scales. *Marine Ecology-Progress Series* **396**, 283-292.
- LANA, P. C., MARONE, E., LOPES, R. M. & MACHADO, E. C. (2001). The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. *Ecological Studies* **144**, 131-145.
- LEVIN, S. A. (1992). The Problem of Pattern and Scale in Ecology. *Ecology* **73**, 1943-1967.
- LEVIN, S. A. & PAINE, R. T. (1974). Disturbance, Patch Formation, and Community Structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **71**, 2744-2747.
- LITTLE, C. (2000). *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. Oxford University Press.
- LOPEZ DE CASENAVE, J., MARONE, L., CAMUS, P. A. & JACKSIC, F. M. (2007). Escalas. Capítulo 12. In *Ecología de comunidades* (ed. F. M. Jacksic and L. Marone), pp. 336 Ediciones Universidade Católica de Chile, Santiago.
- LORENZEN, C. J. (1967). Determination of chlorophyll and phaeopigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography* **12**, 343-346.
- MAGALHAES, W. F. & BARROS, F. (2011). Structural and functional approaches to describe polychaete assemblages: ecological implications for estuarine ecosystems. *Marine and Freshwater Research* **62**, 918-926.

MAGURRAN, A. E. & DORNELAS, M. (2010). Biological diversity in a changing world Introduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **365**, 3593-3597.

MARONE, E., NOERNBERG, M. A., SANTOS, I., LAUTERT, L. F., ANDREOLI, O. R., BUBA, H. & FILL, H. D. (2004). Hydrodynamic of Guaratuba Bay, PR, Brazil. *Journal of Coastal Research* **SI 39**, 1879-1883.

MASUNARI, S. (2006). Distribuição e abundância dos caranguejos *Uca* Leach (Crustace, Decapoda, Ocypodidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **23**, 901 - 914.

MCARTHUR, M. A., BROOKE, B. P., PRZESLAWSKI, R., RYAN, D. A., LUCIEER, V. L., NICHOL, S., MCCALLUM, A. W., MELLIN, C., CRESSWELL, I. D. & RADKE, L. C. (2010). On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **88**, 21-32.

MCLUSKY, D. S. & ELLIOTT, M. (2004). *The estuarine ecosystem: ecology, threats and management*, 3rd edition. Oxford University Press.

MIZERKOWSKI, B. D., MACHADO, E. C., BRANDINI, N., NAZARIO, M. G. & BONFIM, K. V. (2012). Environmental Water Quality Assessment in Guaratuba Bay, State of Paraná, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* **60**, 109-115.

MMA. (2004). Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação dos Biomas Brasileiros. Disponível em: <http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=14&idConteudo=743&idMenu=356>. Acesso em: 15/07/2012.

MUEHE, D. & NICOLODI, J. L. (2008). Geomorfologia. In *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil* (ed. A. Zamboni and J. L. Nicolodi), pp. 23-41. MMA, Brasília.

NOERNBERG, M. A., ANGELOTTI, R., CALDEIRA, G. A. & RIBEIRO DE SOUSA, A. F. (2008). Determinação da Sensibilidade do Litoral Paranaense à Contaminação por Óleo. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* **12**, 49-59.

NOERNBERG, M. A., LAUTERT, L. F. C., ARAÚJO, A. D., MARONE, E., ANGELOTTI, R., NETTO JR., J. P. B. & KRUG, L. A. (2004). Remote Sensing and GIS Integration for Modelling the Paranaguá Estuarine Complex - Brazil. *Journal of Coastal Research* **SI 39**, np.

PAINE, R. T. (1986). Problemas antiguos y algunas nuevas perspectivas en ecología del bentos. *Estudios Oceanológicos* **5**, 9-18.

ROSA, L. C. & BEMVENUTI, C. E. (2007). Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do habitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* **11**, 51-56.

- SANDERS, C. J., SANTOS, I. R., SILVA-FILHO, E. V. & PATCHINEELAM, S. R. (2006). Mercury flux to estuarine sediments, derived from Pb-210 and Cs-137 geochronologies (Guaratuba Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin* **52**, 1085-1089.
- SANDRINI-NETO, L. & CAMARGO, M. G. (2010). *General ANOVA Design (GAD): Analysis of variance from general principles*. R package for ANOVA designs. Available on CRAN.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN-MOLERO, G. (1999). Brazilian mangroves: a historical ecology. *Jornal Ciência e Cultura* **51**, 274-286.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRÓN-MOLERO, G. & ADAIMA, R. R. (1990). Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries and Coasts* **13**, 204-218.
- SOUSA, R., DIAS, S. & ANTUNES, C. (2007). Subtidal macrobenthic structure in the lower Lima estuary, NW of Iberian Peninsula. *Annales Zoologici Fennici* **44**, 303-313.
- STRICKLAND, J. L. H. & PARSONS, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin of Fisheries Research* **167**, Board Canada. 341 p.
- SUGUIO, K. (1973). *Introdução à sedimentologia*. Editora Edgard Blücher Ltda. EDUSP.
- TEAM, R. D. C. (2009). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- TESSLER, M. G. & GOYA, S. M. (2005). Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia* **17**, 11-23.
- UNDERWOOD, A. J. (1997). *Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge.
- UNDERWOOD, A. J. (2000a). Experimental ecology of rocky intertidal habitats: what are we learning? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 51-76.
- UNDERWOOD, A. J. (2000b). Importance of experimental design in detecting and measuring stresses in marine populations. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* **7**, 3-24.
- UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G. & CONNELL, S. D. (2000). Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **250**, 97-115.
- VAN DER LINDEN, P., PATRICIO, J., MARCHINI, A., CID, N., NETO, J. M. & MARQUES, J. C. (2012). A biological trait approach to assess the functional composition of subtidal benthic communities in an estuarine ecosystem. *Ecological Indicators* **20**, 121-133.
- VIEIRA, C. V., HORN FILHO, N. O., BONETTI, C. V. D. H. C. & BONETTI, J. (2008). Caracterização morfo-sedimentar e setorização do Complexo Estuarino da Baía da Babitonga/SC *Boletim Paranaense de Geociências* **62-63**, 85-105.
- WIENS, J. A. (1989). Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology* **3**, 385-397.

YSEBAERT, T., HERMAN, P. M. J., MEIRE, P., CRAEYMEERSCH, J., VERBEEK, H. & HEIP, C. H. R. (2003). Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **57**, 335-355.

ZETTLER, M. L., SCHIEDEK, D. & BOBERTZ, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* **55**, 258-270.