



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
Instituto de Biologia - IBIO
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento



Gabriel Barros Gonçalves de Souza

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS APLICADOS AO ESTUDO DE
ASSEMBLÉIAS MACROZOOBENTÔNICAS DE
SUBSTRATOS NÃO CONSOLIDADOS**

Salvador (BA)

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
Instituto de Biologia - IBIO
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento



Gabriel Barros Gonçalves de Souza

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS APLICADOS AO ESTUDO DE
ASSEMBLÉIAS MACROZOOBENTÔNICAS DE
SUBSTRATOS NÃO CONSOLIDADOS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, para a obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Biomonitoramento.

Orientador: Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Júnior

Salvador (BA)

2010

Ficha Catalográfica

Souza, Gabriel.

Avaliação de métodos aplicados no estudo de assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados. 120 f. : il.

Orientador: Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Júnior
Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

1. Métodos de amostragem 2. Macrofauna bentônica 3. Padrões quantitativos 4. Baía de Todos os Santos I. Barros, Francisco. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. III. Título

Gabriel Barros Gonçalves de Souza

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS APLICADOS AO ESTUDO DE
ASSEMBLÉIAS MACROZOOBENTÔNICAS DE
SUBSTRATOS NÃO CONSOLIDADOS**

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Pedro Luís Bernardo da Rocha
UFBA

Prof. Dr. Ricardo Coutinho
IEAPM

Prof. Dr. Francisco Carlos Rocha de Barros Júnior (Orientador)
UFBA

Prof. Dr. Rodrigo Johnsson Tavares da Silva (Suplente)
UFBA

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, especialmente a Maria Ofelina (Vovozinha), uma mãe de coração.

Epígrafe

“A mancha vem comendo pela beira
O óleo já tomou a cabeceira do rio
E avança
A mancha que vazou do casco do navio
Colando as asas da ave praieira
A mancha vem vindo
Vem mais rápido que lancha
Afogando peixe, encalhando prancha
A mancha que mancha,
Que mancha de óleo e vergonha
Que mancha a jangada, que mancha a areia

Negra praia brasileira
Onde a morena gestante
Filha do pescador

Derrama lágrimas negras
Vigiando o horizonte
Esperando o seu amor”

Agradecimentos

À minha família, meu alicerce, por todo o apoio que me foi dado para que eu conseguisse vencer mais esta etapa da vida. Em especial à **Maria Ofelina (Vovozinha)**, **Maria Icleia (Mamãe Kéia)**, **Maria José (Mamãe Zezé)** e **Ofélia (Vó Zofréia)**, pessoas que cuidaram para que eu tivesse a melhor educação possível, sempre me proporcionando bons ensinamentos e, também, ao meu primo-irmão **Eduardo César (Dudivis)**, amigo para todas as horas.

A **Lorena Abreu**, minha companheira, por todo o carinho, compreensão, admiração, amor e amizade que sempre me são prestados. Você foi um dos maiores incentivos para eu cursar este mestrado.

Ao professor **Dr. Francisco Barros**, meu orientador, pelo acolhimento, pelo apoio, pela confiança na minha capacidade para o pleito deste trabalho e, principalmente, por sua amizade. Um exemplo de profissional!

Aos professores **Dr. Pedro Rocha**, **Dr^a Blandina Viana** e **Dr. William (Bill) Magnusson**, que de diferentes maneiras contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo desses dois anos de mestrado.

Ao **Dr. Alexandre Almeida**, grande amigo, pela identificação dos crustáceos decápodos. Ao **Dr. Jesser Fidelis de Souza-Filho** pelo auxílio na taxonomia dos crustáceos do grupo Amphipoda e ao **M.Sc. Filipe Santana** pela identificação dos crustáceos isópodos.

Ao **oceanógrafo Wagner Magalhães**, pelo auxílio na identificação dos anelídeos poliquetas e pela ajuda nos momentos de dúvidas. Profissional admirável!

Ao **Msc. Fernando Pires**, pelo auxílio na identificação dos moluscos e pela grande receptividade.

À **Biol. Camilla Souto** e **Biol. Luciana Martins**, pela grande simpatia e pela identificação dos equinodermos.

Ao **Laboratório de Ecologia Bentônica** pelo apoio logístico e a todos os colegas pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório, pela companhia e amizade: **Yuri Costa**, **Rafael Araújo**, **Lara Raphaele**, **Marcos Krull**, **Alice Dantas** e **Gilson Carvalho**.

Ao **Dr. Tony Underwood** e **Dr^a Gee Chapman**, pelos grandes ensinamentos proporcionados durante um curso por eles ministrado em 2009 e pelas sugestões para melhoria no delineamento amostral deste trabalho. Agradeço também aos profissionais presentes no curso, que permitiram uma boa troca de experiências

peçoais e profissionais, em especial ao **M.Sc. Luís Augusto, Biol. Gisele Moraes, Dr. Maurício Camargo e M.Sc. Leonardo Sandrini.**

A todos os professores e alunos que participaram do curso sobre Unidades de Conservação Marinhas, ocorrido em 2010 em Caravelas, pelo substancial aprendizado e pelas novas amizades. Em especial a **Amanda Ferreira, Andrei Cardoso** e a toda **Spillover Band**. Lembrando: *Spillover Rules!*

Ao **Biol. José Amorim**, grande amizade conquistada durante o mestrado. Agradeço pela parceria, pela troca de conhecimentos, pelo incentivo, pela credibilidade na minha capacidade profissional e pelas histórias engraçadas contadas sempre de modo irreverente.

Ao **Msc. Albérico Saldanha Filho**, grande amigo, pelos incentivos constantes e boas demonstrações de força pessoal e profissional.

A todos os meus colegas de turma pela convivência, amizade, troca de experiências e pelos momentos bons, em especial a **Anne Costa, Carla Ramos, Clarissa Machado, Clarêncio Baracho, Kelly Roriz e Maria Auxiliadora**. Agradeço também aos alunos da turma de 2009 do mestrado de Ecologia e turmas anteriores, bem como ao pessoal do mestrado de Diversidade Animal, pela troca de experiências.

Ao belo casal **Msc. Patrícia Ferreira e Msc. Leonardo Stabile**, pela grande amizade que conquistei e pelos momentos de descontração regados a bons aperitivos e muito vídeo-game.

Aos amigos **Lucas Oliveira, Luís Andrade (Lula), Melise Cassimiro, Anna Paula, Carol Carvalho e Marcelo Diniz** pelos momentos de boas farras nos finais de semana.

A **Jussara, Marinalva** e outros funcionários do Instituto de Biologia, por sua simpatia e receptividade. Ao **CNPQ** por conceder a bolsa de estudos referente a esse projeto.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para essa realização,

MUITO OBRIGADO!

TEXTO DE DIVULGAÇÃO

A descrição de padrões ecológicos é de fundamental importância, permitindo a geração de hipóteses, delineamento de experimentos e tomada de decisões. Tais estudos fornecem informações necessárias para determinar o *status* e a dinâmica das populações e das comunidades, sendo fundamentais para diversos tipos de pesquisa. Entretanto, para que a descrição de determinado padrão seja realizada de maneira confiável, é necessário que o pesquisador utilize os métodos mais adequados, evitando vieses e consequentes conclusões espúrias. Além disso, ecólogos são sempre pressionados pelo tempo e financiamento para realização do trabalho, sendo assim desejáveis reduções de custo que mantenham a confiabilidade nos dados coletados, ou seja, uma análise da razão custo-benefício. Nesse sentido, foi avaliado no presente trabalho a relação entre alguns métodos de coleta e a detecção de padrões, bem como a razão custo-benefício, tomando como modelos as assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados de águas rasas (e.g. estuários, baías). Este estudo foi dividido em três etapas.

No primeiro capítulo, foi realizada uma revisão onde foi possível traçar padrões gerais em torno dos métodos frequentemente utilizados por bentólogos. Foi observado que a combinação metodológica mais utilizada em ambientes marinhos rasos atualmente é “amostrador van Veen + lavagem *in situ* sob malha de 0,5 mm + fixação em formalina + preservação em álcool + identificação ao nível de espécie”. Notamos que discussões sobre cada um destes aspectos são constantes e muitas vezes contraditórias e, a partir disto, traçamos novos direcionamentos para futuras avaliações metodológicas.

No segundo capítulo foi avaliado o efeito de diferentes procedimentos de preservação de amostra nos padrões quantitativos (número de táxons, número de indivíduos e estrutura das assembléias) obtidos e foi concluído que anelídeos poliquetas podem sofrer deformações quando não é realizada a fixação em formalina. Discutimos as vantagens e desvantagens do uso de cada procedimento, chegando à conclusão que, se tomado o devido cuidado no manuseio das amostras, o uso da formalina parece apresentar a melhor razão custo-benefício. Entretanto, não condenamos o uso do álcool sem fixação prévia e sugerimos que estudos futuros direcionem esforços para dos efeitos destes procedimentos nos caracteres morfológicos de alguns invertebrados (especialmente poliquetas).

O terceiro e último capítulo analisou diferentes aspectos metodológicos (tipo de amostrador, tamanho de malha e nível de indentificação dos táxons) ao longo de um gradiente estuarino. Não observamos diferenças significativas nos padrões quantitativos avaliados (número de táxons, número de indivíduos e estrutura das assembléias), porém constatamos diferenças na interpretação do padrão de distribuição espacial dos organismos entre os dois amostradores analisados e para um tamanho de malha. Percebemos que apesar das diferenças no desempenho dos amostradores serem reportados na literatura, diferenças existentes entre alguns amostradores podem ser, muitas vezes, um reflexo de tamanhos amostrais distintos. Através da análise da razão custo-benefício corroboramos as conclusões de diversos estudos anteriores que indicaram ser preferível o uso da malha de 1,0 mm e identificação dos organismos ao nível de família, reduzindo-se assim esforços laboratoriais, mas mantendo a boa qualidade dos dados obtidos. Assim, considerando os resultados encontrados nos capítulos 2 e 3, a combinação 'amostrador van Veen + malha de 1,0 mm + fixação em formalina + preservação em álcool + nível de família' apresentou a melhor razão custo-benefício.

Embora os resultados aqui obtidos sejam de substancial contribuição para a melhoria dos estudos com assembléias bentônicas marinhas, ainda existem importantes questões metodológicas a serem respondidas. Nesse sentido, sugerimos que em estudos futuros pesquisadores tomem como base os direcionamentos propostos pelo presente trabalho, bem como os padrões nele observados e as questões discutidas.

Sumário

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Apêndices	xvi
I. INTRODUÇÃO GERAL	xvii
II. Referências.....	xxiii
1. CAPÍTULO 1:	
Padrões quantitativos de assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados: revisão dos métodos de coleta e processamento.....	28
Resumo.....	29
Abstract.....	29
1.1. Introdução.....	30
1.2. Material e Métodos	32
1.3. Resultados.....	33
1.4. Discussão	36
1.4.1. Tipo de amostrador.....	36
1.4.2. Tamanho de abertura da malha.....	39
1.4.3. Técnica de preservação da amostra.....	40
1.4.4. Resolução taxonômica.....	42
1.5. Considerações finais	43
1.6. Referências	43
1.7. Apêndice	50
2. CAPÍTULO 2:	
Análise do efeito dos procedimentos de preservação de amostras nos padrões quantitativos em ecologia bentônica	66
Resumo.....	67
Abstract.....	67
2.1. Introdução.....	68
2.2. Material e Métodos	69
2.2.1. Área de estudo.....	69
2.2.2. Coleta e processamento das amostras.....	70
2.2.2. Análise dos dados.....	71
2.3. Resultados.....	73

2.3.1. Macrofauna bentônica	73
2.3.2. Procedimentos de preservação	73
2.3.3. Análise custo-benefício	76
2.4. Discussão	77
2.5. Conclusão.....	80
2.6. Referências	80
2.7. Apêndice	83
3. CAPÍTULO 3:	
Análise de diferentes métodos de coleta em sistemas bentônicos estuarinos: amostrador, tamanho de malha e resolução taxonômica.....	85
Resumo.....	86
Abstract.....	86
3.1. Introdução.....	87
3.2. Material e Métodos	89
3.2.1. Área de estudo.....	89
3.2.2. Coleta e processamento das amostras.....	90
3.2.2. Análise dos dados.....	91
3.3. Resultados.....	94
3.3.1. Padrões gerais.....	94
3.3.2. Amostrador e malha.....	96
3.3.3. Resolução taxonômica.....	98
3.3.4. Custo-benefício	103
3.4. Discussão	105
3.4.1. Amostrador e malha.....	105
3.4.2. Resolução taxonômica.....	107
3.4.3. Custo-benefício	108
3.5. Conclusão.....	109
3.6. Referências	110
3.7. Apêndice	116
III. CONCLUSÃO GERAL	118
ANEXOS.....	120

Lista de Figuras

CAPÍTULO 1:

Figura 1. Número de publicações e percentual em relação ao tipo de avaliação ecológica, amostrador, tamanho de malha, lavagem da amostra, técnica de preservação de amostra e resolução taxonômica.....35

CAPÍTULO 2:

Figura 1. Localização geográfica dos locais amostrados em Inema (substrato lamoso) e na Ribeira (substrato arenoso), Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil) 70

Figura 2. Esquema do delineamento sistemático aplicado em cada área amostrada ($n = 3$ *corers*). Abreviações: A = álcool e FA = formalina e álcool..... 71

Figura 3. Número de táxons e de indivíduos dos grupos coletados em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil), preservados com álcool 70% ou fixados com formalina 10%. Abreviações: A = álcool e FA = formalina e álcool 74

Figura 4. Ordenações nMDS das assembléias macrofaunais coletadas na Ribeira (A), de substrato arenoso, e em Inema (B), de substrato lamoso, preservadas com álcool 70% ou fixadas com formalina 10%. 76

Figura 5. Razão custo-benefício dos métodos de preservação analisados em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil)..... 77

CAPÍTULO 3:

Figura 1. Distribuição dos pontos de amostragem ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia- Brasil)90

Figura 2. Esquema das combinações metodológicas e número de pontos de amostragem para cada combinação 91

Figura 3. Percentual das classes granulométricas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil) 95

Figura 4. Número de táxons (barras pretas) e de indivíduos (barras brancas) dos grupos coletados ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). (A) amostradores e (B) tamanhos de malha. Abreviações: VV = van Veen e C = *corer*..... 97

Figura 5. Tempo médio e desvio-padrão consumido na triagem das amostras ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). (A) tipo de amostrador e (B) tamanho de malha 98

Figura 6. Grau de correlação (*rank* de Spearman) entre a 'melhor' matriz de similaridade (van Veen + 0,5 mm + espécie) e as matrizes a níveis taxonômicos maiores para cada amostrador e tamanho de malha..... 99

Figura 7. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (*corer* e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de espécie e gênero. Os *plots* referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado 100

Figura 8. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (<i>corer</i> e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de família e ordem. Os <i>plots</i> referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado	101
Figura 9. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (<i>corer</i> e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de classe e filo. Os <i>plots</i> referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado	102
Figura 10. Ordenações nMDS de 'segundo estágio' da intermatriz de <i>ranks</i> de correlação para cada amostrador e tamanho de malha nos diferentes níveis de resolução taxonômica: (S) espécie, (G) gênero, (F) família, (O) ordem, (C) classe e (P) filo	103
Figura 11. Análise da razão custo-benefício dos diferentes níveis taxonômicos para cada amostrador e tamanho de malha, a partir da fórmula proposta por Karakassis e Hatziyanni (2000)	104
Figura 12. Análise da razão custo-benefício das diferentes combinações metodológicas para cada amostrador e tamanho de malha: (VV05) van Veen + 0,5 mm; (VVO7) van Veen + 0,7 mm; (VV1) van Veen + 1,0 mm; (CO5) <i>corer</i> + 0,5 mm; (CO7) <i>corer</i> + 0,7 mm; (C1) <i>corer</i> + 1,0 mm	104

Lista de Tabelas

CAPÍTULO 1:

Tabela 1. Lista de periódicos analisados que estiveram vinculados ao portal ISI Web of Knowledge35

CAPÍTULO 2:

Tabela 1. Resultado da ANOVA analisando o número de táxons e de indivíduos das assembléias macrofaunais e das assembléias de poliquetas coletadas em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: * diferença significativa para $\alpha = 0,025$; NS = não significativo; GL = graus de liberdade; MQ = média dos quadrados..75

Tabela 2. Resultado da PERMANOVA analisando as assembléias macrofaunais e as assembléias de poliquetas coletadas em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: * diferença significativa para $\alpha = 0,025$; NS = não significativo; GL = graus de liberdade; MQ = média dos quadrados; $p(\text{perm})$ = valor de p permutado; $p(\text{MC})$ = valor de p do Monte Carlo75

CAPÍTULO 3:

Tabela 1. Resultado da ANOVA analisando o número de táxons e de indivíduos das assembléias macrofaunais coletadas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: NS = não significativo; GL = graus de liberdade, MQ = médias dos quadrados97

Tabela 2. Resultado da PERMANOVA analisando as assembléias macrofaunais coletadas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: NS = não significativo; GL = graus de liberdade, MQ = médias dos quadrados; $p(\text{perm})$ = valor de p permutado; $p(\text{MC})$ = valor de p do Monte Carlo98

Lista de Apêndices

CAPÍTULO 1:

Apêndice - Lista das 160 publicações analisadas no presente trabalho 50

CAPÍTULO 2:

Apêndice - Táxons amostrados em Inema (sedimento lamoso) e na Ribeira (sedimento arenoso), Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil), preservados com álcool 70% ou fixados com formalina 10% 83

CAPÍTULO 3:

Apêndice - Táxons amostrados ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil) 116

I. Introdução Geral

Segundo Kingsford et al. (1998), avaliações ecológicas podem ser categorizadas em quatro tipos gerais: (i) estudos de base, os quais definem o estado de uma população ou assembléia; (ii) avaliação de impacto, que determinam se uma perturbação particular causa uma mudança na população ou assembléia; (iii) estudos de monitoramento, que são designados para detectar qualquer mudança de um estado conhecido (população ou assembléia), sendo uma extensão de uma avaliação de impacto e; (iv) estudos de padrões, os quais descrevem padrões de distribuição e abundância de populações ou assembléias de organismos, e estudos de processos, que têm a intenção de identificar os processos responsáveis pelos padrões.

De maneira geral, estudos mensurativos que descrevem padrões espaciais e/ou temporais de distribuição e abundância de organismos permitem o levantamento de questionamentos sobre causas e conseqüências (Scheiner & Willig, 2008). A descrição destes padrões na natureza é de fundamental importância na ecologia, permitindo a geração de hipóteses, delineamento de experimentos e tomada de decisões. Além disso, estudos de padrões fornecem informações necessárias para determinar o *status* e a dinâmica das populações e das comunidades, sendo fundamentais para diversos tipos de pesquisa, como estudos de produtividade, pesca e impactos (e.g. Murray et al., 2002). Desta forma, a descrição exata e precisa de um padrão é de extrema importância para estudos ecológicos (Andrew & Mapstone, 1987). A partir de um padrão bem descrito é possível avaliar os processos envolvidos, visto que estudos de processos são de fundamental importância para a validação da observação (Underwood et al., 2000).

A ecologia de comunidades, área de interesse do presente trabalho, estuda a composição, estrutura e o funcionamento das comunidades, isto é, investiga quais, quantos e como grupos de populações estão distribuídos em uma determinada área, além de investigar como estas populações podem ser influenciadas pelas interações intra e interespecíficas e variáveis físicas de seu ambiente (Begon et al., 2007). A definição de comunidade, assim como outros níveis de organização da natureza, é bastante debatida entre pesquisadores, havendo duas visões centrais: (i) grupo de organismos que ocorrem no mesmo espaço e tempo e mostram interdependentes relações e; (ii) grupo de organismos que apesar de serem encontrados no mesmo espaço e tempo não são interdependentes entre si em qualquer instância

(Underwood, 1986). Underwood (1986) discutiu sobre os problemas destas definições de comunidade, afirmando que as mesmas são de certa forma arbitrária, por isso neste estudo utilizamos o termo *assembléia*, que se refere a um grupo de espécies que ocupam um mesmo ambiente e não estabelecem, necessariamente, relações ecológicas entre si.

Aspectos metodológicos em pesquisas científicas

Em pesquisas científicas, é essencial que os métodos de amostragem sejam adequados aos objetivos específicos do trabalho a ser desenvolvido (Morrisey et al., 1998), ou seja, todas as fases do procedimento amostral devem visar a coleta de dados da forma mais confiável possível, tendo em mente as hipóteses a serem testadas (Sabino & Villaça, 1999).

Em virtude da imensa variedade de propostas para quais as avaliações ecológicas são utilizadas não há um simples método de amostragem e delineamento apropriado para todas as situações (e.g. Kingsford et al., 1998). Estudos ecológicos com objetivos similares freqüentemente avaliam a estrutura do ambiente com o uso de metodologias distintas, sendo que não é sempre clara a adequação e precisão de cada técnica (Andrew & Mapstone, 1987; Frost et al., 2005).

Entretanto, apesar da grande variedade de métodos, todos os dados coletados estão sujeitos a problemas de inexatidão e imprecisão originados da aplicação dos métodos de amostragem (Andrew & Mapstone, 1987), ou seja, todos têm suas vantagens e desvantagens. Conseqüentemente, uma série de questões metodológicas é considerada pelos ecólogos, como por exemplo: (i) qual a precisão e os vieses das diferentes técnicas de amostragem; (ii) qual a necessidade de fazer uma coleta piloto; (iii) qual o melhor delineamento a ser utilizado, em função do número de locais que devem ser amostrados e número de réplicas; dentre outras (Kingsford et al., 1998).

Um grande problema dos estudos ecológicos em geral é que todos os pesquisadores são pressionados pelo tempo e financiamento, os quais geralmente restringem a quantidade de locais de coleta e de amostras (Andrew & Mapstone, 1987). A redução de custos pode conduzir alguns ecólogos a não considerar de maneira adequada aspectos como replicação e adequação dos métodos utilizados (Downing, 1989; Riddle, 1989). Nesse sentido, é necessário que haja uma preocupação na escolha dos métodos de forma a otimizar o tempo de trabalho, visando assim uma redução nos custos envolvidos. Diversos ecólogos vêm

buscando avaliar a razão custo-benefício de aspectos metodológicos, objetivando minimização de custos sem reduções significativas na precisão dos dados coletados (e.g. Ferraro et al., 1989; Wildish et al., 2001; Carlson & Schmiegelow, 2002; Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005; Santos et al., 2008). Assim, o método de melhor razão custo-benefício será aquele que necessitar de menor esforço na amostragem e que, mesmo com essa redução de custo, forneça um 'bom retrato' do ambiente estudado.

Assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados

As assembléias bentônicas são compostas por organismos que apresentam uma relação direta com o fundo, desempenhando funções importantes nos ecossistemas aquáticos (e.g. Gray & Elliot, 2009). Invertebrados de sedimento não consolidado reciclam nutrientes, metabolizam poluentes, possibilitam a aeração do sedimento e representam uma importante ligação trófica em ecossistemas costeiros e estuarinos (Lenihan & Micheli, 2001) através da produção secundária.

A biomassa bentônica de sedimentos inconsolidados é dominada por invertebrados macrofaunais (>0,5 mm), principalmente por várias espécies de poliquetas, crustáceos, equinodermos e moluscos (Snelgrove, 1998). Muitos destes organismos são de interesse econômico, além de servirem de alimento para espécies economicamente exploradas.

As características do sedimento, tais como tamanho do grão, propriedades químicas (e.g. teor de matéria orgânica, pH), estabilidade e porosidade, podem influenciar a estrutura da macrofauna bentônica (Lenihan & Micheli, 2001; Gray & Elliot, 2009). Sendo assim, muitas espécies são suscetíveis a diversos distúrbios no ambiente sedimentar, tanto naturais quanto antrópicos, e devido à mobilidade relativamente pequena e a uma estreita associação com o substrato, podem ser usadas como uma ferramenta para a avaliação e o monitoramento dos ambientes aquáticos naturais (e.g. Alongi, 1990; Whitlatch & Thrush, 2001; Gray & Elliot, 2009). Adicionalmente, estudos de assembléias bentônicas são de grande importância, pois propiciam o entendimento dos fenômenos biológicos e o papel que as espécies desempenham nos ecossistemas marinhos.

Métodos em estudos de Ecologia Bentônica

Estudos de ecologia bentônica geralmente são dispendiosos, devido ao grande esforço empregado no campo e no laboratório, o que gera uma grande

discussão sobre como otimizar os gastos nestas pesquisas. Alguns estudos vêm realizando análises custo/benefício em programas de monitoramento, avaliando tipos de amostradores, tamanhos de malha e resolução taxonômica (e.g. Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005, Aguado-Giménez et al., 2007).

Geralmente, uma das maiores dificuldades em estudos de ecologia bentônica é a escolha de um equipamento eficaz na coleta, que minimize a perturbação e evite perdas da amostra na sua retirada (Brandimarte et al., 2004). Blomqvist (1991) afirmou que as maiores causas de viés (*bias*) no uso dos aparelhos de coleta são: (i) perda de sedimento superficial; (ii) redistribuição, resuspensão e perda de sedimento; (iii) compressão da amostra (*core shortening*); e (iv) repenetração (distúrbio antes da penetração).

O bentos de substratos não consolidados pode ser coletado por uma variedade de aparelhos, sendo os mais tradicionais os pegadores de fundo (e.g. Petersen, van Veen), *corers* (*corer* manual e/ou hidráulico, *box corer*), dragas e redes de arrasto (Eleftheriou & Moore, 2005). A metodologia e a forma de utilização destes equipamentos dependem de uma série de fatores, tais como: performance de penetração, eficiência de captura, características do substrato, profundidade, tipo de embarcação, condições do tempo, manuseio do equipamento. Diversos estudos há décadas vêm comparando amostras coletadas pelos diversos tipos de amostradores (e.g. Smith & Howard, 1972; Dickinson & Carey, 1975; Thayer et al., 1975; Lewis et al., 1982; Stoner et al. 1983; Somerfield & Clarke, 1997; Lampadariou et al., 2005; Boyd et al., 2006; Aguado-Giménez et al., 2007). Porém, muitos questionamentos e dúvidas ainda permanecem com relação às vantagens e desvantagens do uso destes.

Além da escolha de aparelhos de coleta apropriados, questões relacionadas com o processamento do material e com o tipo de tratamento dos dados em estudos bentônicos têm sido muito discutidas. Estes estudos vêm discutindo a escolha da abertura de malha das peneiras, utilizadas na triagem do material (e.g. Bishop, 1986; Bachelet, 1990; James et al., 1995), a técnica de preservação (e.g. Wetzel et al., 2005; Costa-Paiva et al., 2007) e o tipo de resolução taxonômica (e.g. Gray et al., 1988; Warwick, 1988; Ferraro & Cole, 1990; Olsgard et al., 1997).

As aberturas de malha de peneira que são frequentemente utilizadas em estudos do macrobentos são de 0,5 ou 1 mm, sendo que a escolha da malha de 0,5 mm é indicada para a maioria dos organismos bentônicos (Eleftheriou & Moore, 2005). A escolha da abertura de malha depende fundamentalmente dos objetivos do

estudo (Bachelet, 1990) e do tipo de sedimento (James et al., 1995). Em termos de preservação de amostra, devido à grande dificuldade em separar os grupos de invertebrados e utilizar os procedimentos sugeridos para cada. Os procedimentos mais utilizados para preservação de amostra em estudos com assembléias de invertebrados bentônicos são fixação em formalina 4-10%, seguida de preservação em álcool 70% após a triagem do material, ou simplesmente fixação e preservação em álcool 70%. Por fim, a resolução taxonômica geralmente utilizada em estudos bentônicos é o nível de espécie. Entretanto, Ellis (1985) introduziu o conceito de suficiência taxonômica, o qual sugere que utilizar níveis taxonômicos maiores (e.g. família) podem fornecer similar informação sobre assembléias ou comunidades, poupando tempo e esforços na identificação. A partir disto, uma grande discussão foi iniciada em torno deste assunto, com pesquisadores defendendo o uso de níveis taxonômicos maiores (e.g. Warwick, 1988; Karakassis & Hatziyanni, 2000; Gomez Gesteira et al., 2003) e outros que vêem isto como uma problema (e.g. Maurer, 2000; Terlizzi et al., 2003).

Escopo da Dissertação

A presente dissertação objetivou avaliar o uso de diferentes métodos de coleta e processamento em estudos de assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados, analisando-se o padrão quantitativo e espacial da macrofauna que cada aspecto metodológico forneceu. Assim, este estudo foi dividido em três capítulos. O primeiro traz uma breve descrição sobre os principais aspectos metodológicos de estudos de ecologia bentônica de substratos não consolidados de águas rasas. Nesse sentido, foi realizado um levantamento bibliográfico de publicações no período 1998-2008, sendo analisados os métodos de coleta e processamento de amostras bentônico utilizados. Posteriormente os padrões metodológicos encontrados foram discutidos em função da adequabilidade de cada método e foram sugeridos novos direcionamentos dos esforços empregados na avaliação dos diferentes métodos.

O segundo capítulo aborda uma investigação sobre a relação entre os procedimentos de preservação de amostra em estudos bentônicos e os padrões quantitativos obtidos (composição de espécies e número de indivíduos). Sendo assim, foram analisados os possíveis efeitos do tipo de preservação utilizado na perda de material ou impossibilidade de identificação dos espécimes encontrados.

Adicionalmente foi introduzido um índice para cálculo da análise da razão custo-benefício entre diferentes métodos.

O terceiro capítulo apresenta temática semelhante ao anterior, porém traz uma abordagem multifatorial. Foi analisado, primeiramente, o efeito do uso de diferentes amostradores, tamanhos de malha e resolução taxonômica na interpretação do padrão espacial ao longo de um gradiente estuarino. Adicionalmente, foi feita uma análise da razão custo-benefício de combinações metodológicas baseadas nesses três aspectos. Por fim, é apresentada uma discussão geral sobre as principais conclusões obtidas. Em anexo, seguem as normas dos três periódicos previstos para submissão dos artigos: *Continental Shelf Research* (Capítulo 1), *Hydrobiologia* (Capítulo 2) e *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (Capítulo 3).

II. Referências

AGUADO-GIMÉNEZ, F.; MARÍN, A.; MONTOYA, S.; MARÍN-GUIRAO, L.; PIEDECAUSA, A.; GARCÍA-GARCÍA, B. 2007. Comparison between some procedures for monitoring offshore cage culture in western Mediterranean Sea: sampling methods and impact indicators in soft substrata. **Aquaculture**, v. 271, p. 357-370.

ALONGI, D. M. 1990. The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v. 28, p. 381-496.

ANDREW, N. L.; MAPSTONE, B. D. 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v. 25, p. 39-90.

BACHELET, G. 1990. The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. **Marine Environmental Research**, v. 30, p. 21-35.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. 2007. **Ecologia – de indivíduos a ecossistemas**, Porto Alegre: Artmed, 4 ed, 740p.

BISHOP, J. D. D., HARTLEY, J. P. 1986. A comparison of the fauna retained on 0.5 mm and 1 mm meshes from benthic samples taken in the Beatrice Oilfield, Moray Firth, Scotland. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, v. 91B, p. 247-262.

BLOMQUIST, S. 1991. Quantitative sampling of soft-bottom sediments: problems and solutions. **Marine Ecology Progress Series**, v. 72, p. 295-304.

BOYD, S. E.; BARRY, J.; NICHOLSON, M. 2006. A comparative study of a 0.1m² and 0.25m² Hamon grab for sampling macrobenthic fauna from offshore marine gravels. **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 86, p. 1315-1328.

BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, G. Y., ANAYA, M.; KUHLMANN, M. L. 2004. Amostragem de invertebrados bentônicos. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. **Amostragem em limnologia**. RiMa, São Carlos, p. 213- 230.

- CARLSON, M.; SCHMIEGELOW, F. 2002. Cost-effective sampling design applied to large-scale monitoring of boreal birds. **Conservation Biology**, v. 6, n. 2, 11 pp. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol6/iss2/art11>
- COSTA-PAIVA, E. M.; PAIVA, P. C.; KLAUTAU, M. 2007. Anaesthetization and fixation effects on the morphology of sabellid polychaetes (Annelida: Polychaeta: Sabellidae). **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, p. 1127-1132.
- DICKINSON, J. J.; CAREY, A. G. 1975. A comparison of two benthic infaunal samplers. **Limnology and Oceanography**, v. 20, p. 900-902.
- DOWNING, J. A. 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling programmes: caution revised. **Marine Biology**, v. 103, p. 231-234.
- ELEFThERIOU, A.; MOORE, D. C. 2005. Macrofauna techniques. In: ELEFThERIOU, A.; MCINTYRE, A. (Eds.). **Methods for the study of marine benthos**, Oxford: Blackwell Science, 3 ed., p. 160-228.
- ELLIS, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 16, p. 459.
- FERRARO, S. P.; COLE, F. A.; DEBEN, W. A.; SWARTZ, R. C. 1989. Power-cost efficiency of eight macrobenthic sampling schemes in Puget Sound, Washington, USA. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 46, p. 2157-2165.
- FERRARO, S. P., COLE, F. A. 1990. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos. **Marine Ecology Progress Series**, v. 67, p. 251-262.
- FROST, N. J.; BURROWS, M. T.; JOHNSON, M. P.; HANLEY, M. E.; HAWKINS, S. J. 2005. Measuring surface complexity in ecological studies. **Limnology and Oceanography: Methods**, v. 3, p. 203-210.
- GOMEZ GESTEIRA, J. L.; DAUVIN, J. C.; SALVANDE FRAGA, M. 2003. Taxonomic level for assessing oil spill effects on soft-bottom sublittoral benthic communities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 562-572.
- GRAY, J. S.; ASCHAN, M.; CARR, M. R.; CLARKE, K. R.; GREEN, R. H.; PEARSON, T. H.; ROSENBERG, R.; WARWICK, R. M. 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. **Marine Ecology Progress Series**, v. 46, p. 151-165.

- GRAY, J. S.; ELLIOT, M. 2009. **The ecology of marine sediments – from science to management**. Oxford University Press, 2 ed., 241 p.
- KARAKASSIS, I.; HATZIYANNI, E. 2000. Benthic disturbance due to fish farming analysed under different levels of taxonomic resolution. **Marine Ecology Progress Series**, v. 203, p. 247–253.
- KINGSFORD, M. J.; BATTERSHILL, C. N.; WALLS, K. 1998. Introduction to ecological assessments. In: Kingsford, M., Battershill, C. (Eds.). **Studying temperate marine environments - a handbook for ecologists**, Canterbury University Press, New Zealand, p. 17-28.
- LAMPADARIOU, N.; KARAKASSIS, I.; PEARSON, T. H. 2005. Cost/benefit analysis of a benthic monitoring programme of organic benthic enrichment using different sampling and analysis methods. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, p. 1606-1618.
- LENIHAN, H. S.; MICHELI, F. 2001. Soft-sediment communities (Chapter 10), p. 253-287. In: BERTNESS, M. D.; GAINES, S. D.; HAY, M. E. **Marine community ecology**. Sinauer Associates, Inc. 550 p.
- LEWIS, P. A.; MASON, W. T.; WEBER, C. I. 1982. Evaluation of three bottom grab samplers for collecting river benthos. **OHIO Journal of Science**, v. 82, n. 3, p. 107-113.
- MAURER, D. 2000. The dark side of taxonomic sufficiency (TS). **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, p. 98-101.
- MORRISEY, D. J.; TURNER, S. J.; MACDIARMID, A. B. 1998. Subtidal assemblages of soft substrata. In: Kingsford, M., Battershill, C. (Eds.). **Studying temperate marine environments - a handbook for ecologists**, Canterbury University Press, New Zealand, 335 p.
- MURRAY, S. N.; AMBROSE, R. F.; DETHIER, M. N. 2002. **Methods for performing monitoring, impact, and ecological studies on rocky shores**. MMS OCS Study 2001-070. Coastal Research Center, Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara, California. MMS Cooperative Agreement Number 14-35 0001-30761, 217 p.
- OLSGARD, F.; SOMERFIELD, P. J.; CARR, M. R. 1997. Relationships between taxonomic resolution and data transformations in analyses of a macrobenthic

community along an established pollution gradient. **Marine Ecology Progress Series**, v. 149, p. 173-181.

RIDDLE, M. J. 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling programmes: caution advised. **Marine Biology**, v. 103, p. 225-230.

SABINO, C. M.; VILLAÇA, R. 1999. Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 3, p. 407-419.

SANTOS, E. M. R.; FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W. E. 2008. Cost-efficiency of subsampling protocols to evaluate oribatid-mite communities in an Amazonian Savanna, **Biotropica**, v. 40, n. 6, p. 728-735.

SCHEINER, S. M.; WILLIG, M. R. 2008. A general theory of ecology. **Theoretical Ecology**, v. 1, p. 21-28.

SMITH, K. L.; HOWARD, J. D. 1972. Comparison of a grab sampler and large volume corer. **Limnology and Oceanography**, v. 17, p. 142-145.

SNELGROVE, P. V. R. 1998. The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 1123-1132.

SOMERFIELD, P. J.; CLARKE, K. R. 1997. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. **Marine Environmental Research**, v. 43, p. 145–156.

STONER, A. W., GREENING, H. S. 1983. Comparison of macrobenthos collected with cores and suction sampler in vegetated and unvegetated marine habitats. **Estuaries**, v. 6, n. 1, p. 76-82.

TERLIZZI, A.; BEVILACQUA, S.; FRASCHETTI, S.; BOERO, F. 2003. Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 556-561.

THAYER, G. W.; WILLIAMS, R. B.; PRICE, T. J.; COLBY, D. R. 1975. A large corer for quantitatively sampling benthos in shallow water. **Limnol. Oceanogr.** 20, n. 3, p. 474-481.

THOMPSON, B. W.; RIDDLE, M. J.; STARK, J. S. 2003. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 232-243.

UNDERWOOD, A. J. 1986. What is a community? In: RAUP, M. D.; JABLONSKI, D. (Eds). **Patterns and processes in the history of life**. Berlin: Springer-Verlag, p. 351-367.

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**, v. 250, p. 97-115.

WARWICK, R. M. 1988. Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesundfjord at taxonomic levels higher than species. **Marine Ecology Progress Series**, v. 46, p. 167-170.

WETZEL, M. A.; LEUCHS, H.; KOOP, J. H. E. 2005. Preservation effects on wet weight, dry weight, and ash-free dry weight biomass estimates of four common estuarine macro-invertebrates: no difference between ethanol and formalin. **Helgoland Marine Research**, v. 59, p. 206-213.

WILDISH, D. J.; HARGRAVE, B. T.; POHLE, G. 2001. Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. **ICES Journal of Marine Science**, v. 58, p. 469-476.

WHITLATCH, R. B.; THRUSH, S. F. 2001. Recovery dynamics in benthic communities: balancing detail with simplification. In: REISE, K. (ed.). **Ecological comparisons of sedimentary shores**. Ecological Studies, Springer, v. 151, p. 297-316.

**PADRÕES QUANTITATIVOS DE ASSEMBLÉIAS
MACROZOOBENTÔNICAS DE SUBSTRATOS NÃO
CONSOLIDADOS: REVISÃO DOS MÉTODOS DE COLETA E
PROCESSAMENTO**

Padrões quantitativos de assembléias macrozoobentônicas de substratos não consolidados: revisão dos métodos de coleta e processamento

Souza^{*}, G. B. G.; Barros, F.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Laboratório de Ecologia Bentônica, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, 40170-290, Brasil.

** Autor correspondente: gabrielbbarros@gmail.com*

RESUMO

O estabelecimento e a descrição de padrões são de suma importância na ecologia, porém ecólogos nem sempre conhecem a precisão e adequabilidade de um método para determinada situação. Em estudos de assembléias bentônicas de substrato não consolidado, questões relacionadas com o equipamento de coleta, processamento do material e com o tipo de tratamento dos dados têm sido muito discutidas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi fazer uma análise crítica dos aspectos metodológicos utilizados em ecologia bentônica de águas rasas. Foi realizado um levantamento bibliográfico de publicações entre o período 1998-2008 no portal ISI Web of Knowledge, sendo avaliados os seguintes aspectos: (i) tipo de avaliação ecológica, (ii) ambiente, (iii) profundidade, (iv) amostrador, (v) área/volume do amostrador, (vi) tamanho de malha, (vii) lavagem da amostra *in situ*, (viii) técnica de preservação, e (ix) resolução taxonômica. Estudos de padrões foram os mais encontrados (53%). O pegador de fundo tipo van Veen (44%) e a malha de 0,5 mm (53%) foram os mais utilizados. A maioria dos pesquisadores lava as amostras em campo (85%) e fixa em formalina/formaldeído com preservação posterior em álcool (79% das publicações). Em termos de resolução taxonômica, 89% dos trabalhos buscaram identificar os espécimes no nível de espécie. Um número considerável de publicações não descreveu claramente os métodos utilizados. Quanto aos amostradores, ainda há necessidade de pesquisas que busquem aprimorar os equipamentos de coleta e resolver aspectos ainda duvidosos. Além disso, a maioria dos trabalhos que avaliou o tamanho de malha não utilizou estimativas independentes. Há uma carência de estudos avaliando os efeitos das diferentes técnicas de preservação em invertebrados bentônicos marinhos. Assim, sugerimos a realização de experimentos multifatoriais para testar qual combinação de procedimentos de campo e laboratoriais devam ser preferivelmente utilizados.

Palavras-chave: macrofauna bentônica, águas rasas, amostrador, tamanho de malha, resolução taxonômica

ABSTRACT

Descriptions of ecological pattern are very important, but ecologists do not always know the precision and adequacy of a method for a given situation. In soft bottom benthic assemblages surveys issues related to the sampling device, sample sorting and data analysis have been discussed. The aim of the present study was to do a critical analysis of the methodological aspects used in benthic ecology in shallow water. We conducted a literature review of publications between 1998-2008 in ISI Web of Knowledge portal, to evaluate the following aspects: (i) types of ecological assessment, (ii) environments, (iii) depth, (iv) used sampler, (v) sampler size, (vi) mesh size, (vii) sample sieving treatment, (viii) preservation procedure, and (ix) taxonomic resolution. Studies of patterns were the most frequent (53%). The van Veen grabs (44%) and sieve mesh size of 0.5 mm (53%) were the most used. Most researchers sieve samples *in situ* (85%) and use formalin/formaldehyde for fixation with subsequent preservation in alcohol (79% of papers). For taxonomic resolution, 89% of the surveys identified the specimens at the species level. Many publications did not describe clearly all the methods used. There is a need for studies that seek to improve sampling devices and other methodological issues. For instance, most studies that assessed the mesh sizes did not use independent samples and there are very few studies evaluating the effects of different preservation procedures for marine benthic invertebrates. Thus, it is suggested that multifactorial experiments should be done to test which combination of field and laboratory procedures should be used.

Key-words: benthic macrofauna, shallow waters, sampler, mesh size, taxonomic resolution

1. INTRODUÇÃO

Em ecologia, a descrição exata e precisa de um padrão é de extrema importância, visto que padrões bem descritos permitem a formulação de hipóteses a cerca de processos que os regem (Andrew e Mapstone, 1987; Underwood et al., 2000). Para tal, é necessária adequação dos aspectos metodológicos ao que se quer estudar, ou seja, o método a ser escolhido tem que estar de acordo com o objetivo proposto (e.g. Blomqvist, 1991). Entretanto, a grande variedade de métodos disponíveis, vinculada à falta de conhecimento sobre a adequação de cada método, pode conduzir ao uso inapropriado destes em determinada situação (Kingsford et al., 1998).

A escolha de um método de coleta ou processamento a ser utilizado em estudos ecológicos, de forma geral, requer questionamentos sobre dois aspectos principais: exatidão e precisão. Exatidão é a proximidade de uma medida ou estimativa do valor verdadeiro (i.e. parâmetro), enquanto precisão refere-se ao grau de concordância entre um número de medidas ou estimativas para a população amostrada, sendo refletida pela variabilidade da estimativa (ver Andrew e Mapstone, 1987). A partir da análise destes dois aspectos pode-se inferir sobre os vieses inerentes aos métodos de amostragem utilizados, possibilitando a escolha daquele que fornecerá dados de melhor qualidade (i.e. mais preciso e exato).

Há situações em que os métodos empregados são apenas reproduções de escolhas metodológicas de um grupo de pesquisa e/ou se baseia no amplo uso deste método por pesquisadores de uma mesma área (Andrew e Mapstone, 1987). Nesses casos, não são considerados os potenciais vieses e problemas inerentes a um determinado método, nem a sua adequabilidade ao objetivo do trabalho. Em função disto, diversos autores têm chamado atenção para a importância de se tomar cuidado na aquisição de informações quantitativas, especialmente em ambientes marinhos (e.g. Andrew e Mapstone, 1987; Blomqvist, 1991; Constable, 1999; Underwood e Chapman, 2005; Vézina, 1988;). Além do método a ser empregado, o delineamento amostral também é de extrema importância (Hurlbert, 1984).

Existe uma ampla discussão na literatura sobre estudos de ecologia bentônica em substratos não consolidados, a qual aborda diversas questões relacionadas com o uso de diferentes tipos de amostradores (e.g. Aguado-Giménez et al., 2007; Boyd et al., 2006; Christie, 1975; Dickinson e Carey, 1975; Elliot e Drake, 1981; Gage, 1975; Lampadariou et al., 2005; Smith e Howard, 1972; Somerfield e Clarke, 1997; Stoner et al., 1983; Thayer et al., 1975), tamanhos da abertura de malha das

peneiras utilizadas na lavagem das amostras (e.g. Bachelet, 1990; Bishop, 1986; Gage et al., 2002; James et al., 1995; Lampadariou et al., 2005; Morin et al., 2004; Reish, 1959; Rodrigues et al., 2007; Schlacher e Wooldridge, 1996a, 1996b; Tanaka e Leite, 1998; Thompson et al., 2003), técnicas de preservação (e.g. Costa-Paiva et al., 2007; Von Schiller e Solimini, 2005; Wetzel et al., 2005), bem como níveis de resolução taxonômica (e.g. Dauvin et al., 2003; Ellis, 1985; Ferraro e Cole, 1990; Gomez Gesteira et al., 2003; Guzmán-Alvis e Carrasco, 2005; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Lampadariou et al., 2005; Maurer, 2000; Mendes et al., 2007; Olsgard et al., 1997; Somerfield e Clarke, 1995, Terlizzi et al., 2003; Vanderklift et al., 1996; Warwick, 1988).

O grande acervo de estudos que discutem aspectos metodológicos em ecologia bentônica se deve também ao fato de trabalhos em ambientes não consolidados serem altamente dispendiosos e consumirem muito tempo por envolver coleta e análise de grande número de amostras (Carey e Keough, 2002). Esta grande demanda requer bastante tempo de processamento de amostras no laboratório, bem como extenso conhecimento taxonômico (Maurer, 2000). Assim, é necessário que bentólogos tentem otimizar as etapas metodológicas, buscando ainda assim obter informação de boa qualidade (Andrew e Mapstone, 1987). Para tal, o pesquisador precisa fazer um balanço da razão custo-benefício, objetivando encontrar o melhor meio de minimizar o esforço e continuar adquirindo dados que retratam o ambiente de maneira confiável. Embora seja importante a análise deste aspecto, nem todos os pesquisadores tomam a devida precaução na redução dos custos (Downing, 1989; Riddle, 1989). Neste contexto, o presente trabalho objetivou fazer uma revisão sobre o que vem sendo utilizado nos diferentes aspectos metodológicos de coleta e processamento de material bentônico de substratos não consolidados de águas rasas. Para tal, foram listados os métodos mais aderidos pelos pesquisadores e, a partir das discussões disponíveis na literatura, foram apresentadas e discutidas algumas limitações das diferentes técnicas utilizadas. Por fim foram sugeridos novos direcionamentos dos esforços futuros em avaliações metodológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados artigos publicados no período 1998-2008 em pesquisas realizadas com assembléias bentônicas de substratos não consolidados em águas rasas. A busca foi realizada na plataforma de pesquisa ISI Web of Knowledge (base de dados utilizada para cálculo de indicadores bibliométricos), selecionando somente trabalhos disponíveis (*full text*), através dos seguintes termos: '*benthic assemblages + sediment*', '*benthic macrofauna + sediment*', '*benthic macroinfauna + sediment*', '*macrobenthic assemblages + sediment*', '*macrozoobenthic assemblages + sediment*', '*benthic macrofaunal assemblages + sediment*', '*macrofaunal assemblages + sediment*', '*macroinfaunal assemblages + sediment*', '*soft-sediment assemblages*', '*soft-sediment benthos*', '*marine benthos + sediment*' e '*macrobenthos*' + '*sediment*'.

Em função da grande variedade de ambientes bentônicos (e.g. mar profundo, planícies entre-marés, ambientes consolidados), o levantamento bibliográfico foi restrito a estudos realizados em ambientes marinhos de substratos não consolidados do infralitoral raso (até 200 metros de profundidade). Assim, não foram incluídos na análise publicações em áreas profundas, entremarés e também em ambientes de água doce (e.g. rios, riachos, córregos). Adicionalmente, foram selecionados somente trabalhos que objetivaram obter amostras quantitativas (utilizando amostradores pontuais), não sendo analisados aqueles que fizeram uso de amostradores qualitativos ou semi-quantitativos (e.g. dragas e redes de arrasto). Também não foram incluídos na análise, publicações com abordagens manipulativas e aquelas com dados provenientes de diferentes estudos com metodologias distintas (e.g. trabalhos de meta-análise).

Foram registrados os seguintes dados de cada publicação: (i) tipo de avaliação ecológica, (ii) ambiente, (iii) profundidade, (iv) amostrador, (v) área/volume do amostrador, (vi) tamanho de malha, (vii) lavagem da amostra *in situ*, (viii) técnica de preservação, e (ix) resolução taxonômica. Com o intuito de traçar padrões gerais, foi utilizada a técnica de "contagem de votos" (Gates, 2002), com simples contagens para cada aspecto metodológico. Para analisar as formas de avaliação ecológica de cada trabalho, estes foram categorizadas em três tipos: (i) estudos de padrões, os quais descreveram, avaliaram ou testaram hipóteses acerca de padrões espaço-temporais de distribuição e/ou abundância dos organismos; (ii) avaliação de impacto, que consistiram em trabalhos que visaram avaliar os efeitos de determinado

distúrbio antrópico sobre assembléias bentônicas e; (iii) estudos de monitoramento, que consistiram em trabalhos que utilizaram dados de programas de monitoramento. Avaliações ecológicas, como sugerido por Kingsford et al. (1998), podem ser categorizadas em quatro tipos: estudos de base, avaliações de impacto, estudos de monitoramento e estudos de padrões e processos. No entanto, no presente trabalho, estudos de base foram classificados juntamente com estudos de padrões e de processos.

3. RESULTADOS

Foi selecionado e analisado um total de 160 artigos (Apêndice) publicados em 33 revistas de âmbito internacional (Tab. 1). Tais pesquisas se deram nos seguintes ambientes, em ordem decrescente de número de publicações: plataforma continental (51), baías (31), estuários (27), lagoas costeiras (17), golfos (11), portos (6), praias arenosas (6), canais (5), deltas (4) e fiordes (2). Estudos que objetivaram descrever padrões de distribuição e abundância dos organismos, bem como testar hipóteses a cerca disto foram os mais encontrados (53%). Avaliações de impacto compuseram 30% das publicações, constando estudos sobre impactos da pesca, maricultura, dragagens, efluentes domésticos e industriais (e.g. padrões espaciais seguindo gradientes de poluição) e testes de métodos de avaliação da qualidade ambiental. Já estudos de monitoramento compuseram 17% (Fig. 1).

Entre os amostradores, os mais utilizados foram o pegador de fundo do tipo van Veen (44%), sendo a maioria com área de 0,1 m² (38 publicações), e o *corer* operado por mergulhador (21%), com grande parte apresentando 10-15 cm de diâmetro (17 publicações) e 10-15 cm de profundidade (17 publicações). Outros tipos de pegador de fundo têm sido bastante utilizados (25%), tais como Day, Hamon, Smith-McIntyre, Ponar, Ekman, Birge-Ekman e Young. Foram encontrados, também, trabalhos que fizeram uso do *Box corer* (8%) e de outros tipos de amostradores, sendo um *corer* de sucção (duas publicações) e um multicorer (uma publicação). Em alguns casos, foi utilizado mais de um amostrador em locais distintos no mesmo estudo, no qual um trabalho utilizou van Veen no substrato lamoso e Smith-McIntyre no arenoso e outro que utilizou o van Veen em áreas mais profundas e Petite Ponar em profundidades menores.

Os tamanhos de malha mais utilizados foram 0,5 mm (53%) e 1,0 mm (39%). Alguns trabalhos utilizaram as duas malhas sobrepostas (4%), enquanto que outros

utilizaram tamanhos diferentes, tais como 0,25 mm (1 publicação), 0,3 mm (3 publicações), 0,8 mm (1 publicação) e 2,0 mm (1 publicação). Houve, também, quatro estudos que fizeram uso de uma malha de 5 mm para retirar sedimentos mais grossos (i.e. cascalhosos). Na maioria das pesquisas o material coletado foi lavado no campo (85%).

Em relação às técnicas de preservação, há um problema em grande parte dos trabalhos, nos quais não há uma distinção clara sobre preservação e fixação. Em algumas publicações, foi observado que os autores somente informaram que o material foi fixado ou preservado em formalina ou formaldeído (4 - 10%), o que foi interpretado como não preservado posteriormente em álcool 70%. Para evitar confusão, estas publicações não foram incluídas na contagem desse aspecto. Assim, 79% das publicações fixaram as amostras com formalina e 21% utilizaram somente álcool na preservação. Em grande parte das publicações foi utilizada solução de formalina neutralizada (90 publicações), para evitar efeitos deletérios ao material fixado que são causados pela substância. Somente três publicações diluíram o formal em água do mar, procedimento essencial para evitar desbalanceamentos osmóticos nos organismos. A Rosa de Bengala foi bastante utilizada para coloração dos organismos (43 publicações). Apenas 21% dos trabalhos preservaram o material diretamente no álcool 70%, sem realizar uma anterior fixação do material. Houve ainda casos em que foram utilizados álcool a 50, 75, 80 e 100% para preservação da amostra e solução de $MgSO_4$ por 30 minutos (2 publicações) ou de $MgCl_2$ (1 publicação) para anestesia.

Em termos de resolução taxonômica, a maioria dos trabalhos buscou identificar os organismos até o nível de espécie (89%), embora em alguns casos nem todos espécimes foram identificados a tal nível (e.g. Sipuncula, Nemertea). Somente poucos trabalhos se ativeram ao nível família (6%) ou grupos (5%).

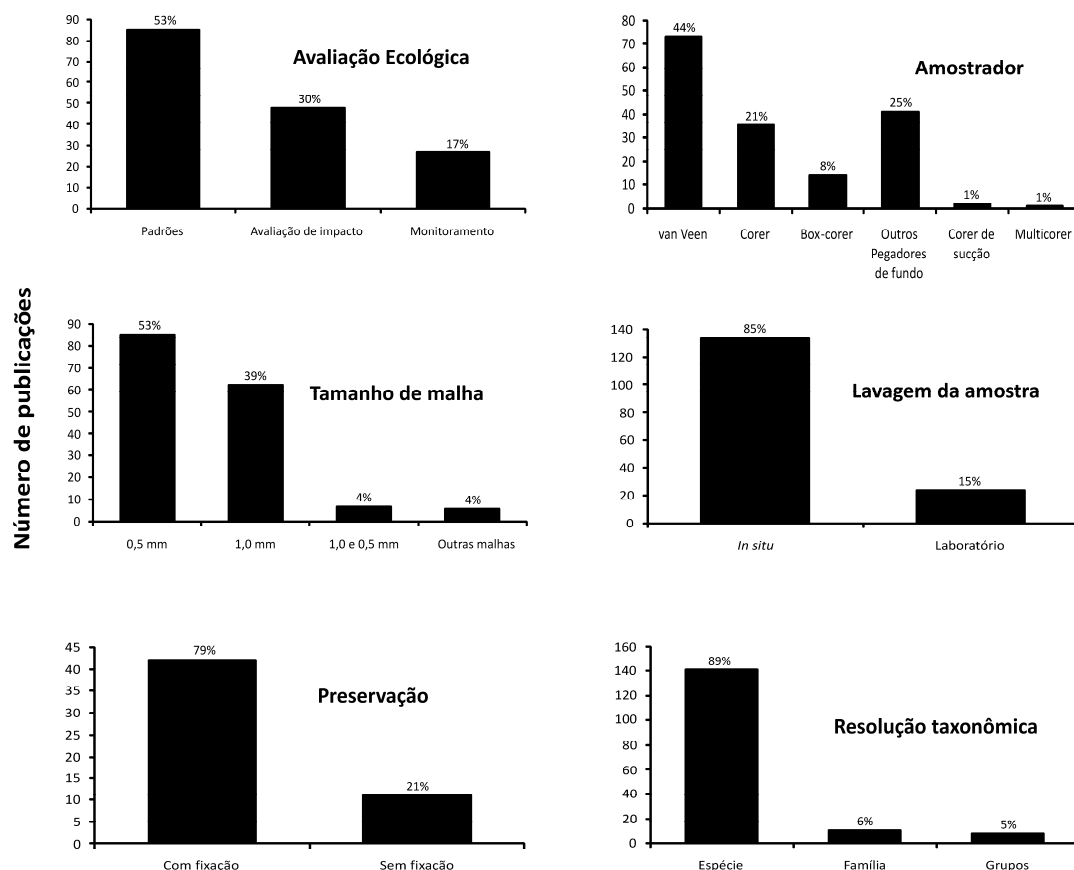


Figura 1. Número de publicações e percentual em relação ao tipo de avaliação ecológica, amostrador, tamanho de malha, lavagem da amostra, técnica de preservação de amostra e resolução taxonômica.

Tabela 1. Lista de periódicos analisados que estiveram vinculados ao portal ISI Web of Knowledge.

ACTA Oecologica	ICES Journal of Marine Science
Antartic Science	Journal of Animal Ecology
Aquaculture	Journal of Applied Ichthyology
Aquaculture International	Journal of Coastal Research
Aquaculture Research	Journal of Experimental Marine Biology and Ecology
Austral Ecology	JMBA of the United Kingdom
Biological Conservation	Journal of Marine Systems
Brazilian Archives of Biology and Technology	Journal of Sea Research
Conservation Biology	Marine Biology
Continental Shelf Research	Marine Ecology
Ecological Indicators	Marine Environmental Research
Environmental Monitoring and Assessment	Marine Pollution Bulletin
Environmental Pollution	Oceanologica Acta
Estuarine, Coastal and Shelf Science	Polar Biology
Fisheries Science	Progress in Oceanography
Helgoland Marine Research	Science of the Total Environment
Hydrobiologia	

4. DISCUSSÃO

Estudos de padrões foram os mais recorrentes dentre as publicações analisadas (53%), nos quais pesquisadores descreveram padrões espaciais e temporais das assembléias bentônicas ou de determinados grupos taxonômico, bem como suas relações com características do substrato (e.g. granulometria, teor de matéria orgânica), processos hidrodinâmicos e físico-químicos (e.g. descarga de rios, consumo de oxigênio) e interações interespecíficas (e.g. competição, predação).

Embora a maior porcentagem de publicações contivesse dados sobre padrões, as avaliações de impacto e programas de monitoramento também foram freqüentes (47% somando as duas categorias). Isto se deve ao fato de que assembléias macrofaunais vêm sendo amplamente utilizadas como uma ferramenta para avaliação das condições bentônicas e detecção de mudanças no ambiente marinho causados por impactos antrópicos (e.g. Aguado-Giménez et al., 2007; Bilyard, 1987; Ferraro e Cole, 1990; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Rosenberg et al., 2004;). Entretanto, estudos de ambientes não consolidados são altamente dispendiosos, consumindo muito tempo de campo e laboratório (Carey & Keough, 2002; Maurer, 2000) e esse esforço freqüentemente necessita de redução de custos, o que pode comprometer aspectos importantes do trabalho, como replicação e precisão dos métodos utilizados (Downing, 1989; Riddle, 1989). Os aspectos metodológicos das três principais categorias de avaliação ecológicas analisadas no presente estudo são discutidos a seguir.

4.1. *Tipo de Amostrador*

A seleção de amostradores do bentos em substratos não consolidados depende de uma série de fatores (tamanho da embarcação, capacidade de manuseio do equipamento, condições de tempo, profundidade, tipo de substrato), o que de certa forma reflete a grande variedade de equipamentos descritos. Há muitos trabalhos na literatura que descreveram o desempenho de diferentes amostradores (e.g. Blomqvist, 1990; Lie e Pamatmat, 1965; Maitland, 1969; Nalepa et al., 1988; Parada, 2008; Thayer et al., 1975).

O pegador de fundo do tipo van Veen (44% das publicações) é um aprimoramento do tipo Petersen, sendo uma armação de metal com longos 'braços' anexados em cada caçamba, dando uma melhor força para fechar e coletar o sedimento, atenuando ainda os movimentos laterais (Eleftheriou e Moore, 2005).

Estudos sugerem diferenças entre o perfil de batida e as profundidades penetradas pelos pegadores de fundo, sendo que o van Veen parece conseguir a batida mais retangular, embora sua eficiência de amostragem varie com o tipo de substrato (ver Blomqvist, 1991; Christie, 1975). Outros tipos de pegadores de fundo, que em soma contemplaram 25% das publicações analisadas, também têm suas particularidades (Eleftheriou e Moore, 2005).

De acordo com Morrisey et al. (1998), nenhum método é universal, e uma combinação de vários métodos seria necessária para retratar melhor o ambiente. Todavia, apenas dois trabalhos analisados utilizaram dois diferentes pegadores de fundo e isso foi realizado em áreas distintas nesse mesmo estudo (Currie e Small, 2006; Kowalczyk et al., 2007). Em um total de oito publicações foi utilizado o pegador tipo Hamon, nas quais metade utilizou o amostrador com área de 0,1 m² e a outra metade com área de 0,25 m². Boyd et al. (2006) realizaram um estudo comparando o pegador Hamon com esses dois diferentes tamanhos e observaram que o maior, mais difícil de manusear, tem o potencial de fornecer uma cobertura de habitat mais representativa e que o amostrador menor captura maior número de espécies por unidade de área quando a distribuição bentônica é agrupada, porém este equipamento pode sub-amostrar espécies de grande tamanho. Os amostradores Ekman e Birge-Ekman foram utilizados em seis publicações analisadas, embora seu uso seja alvo de críticas na literatura. Blomqvist (1990), analisando o desempenho *in situ* de cinco tipos de Ekman, observou que todos obtinham amostras não representativas devido à deficiência de operação e sugeriu alguns aprimoramentos. No presente estudo, foi encontrada uma publicação (Blanchet et al., 2005), realizada em uma lagoa costeira na França, na qual foi utilizado o pegador Ekman operado por mergulhador.

Além dos pegadores de fundo, os *corers* são amplamente utilizados em substratos não consolidados. Segundo Blomqvist (1991), tais equipamentos são os mais adequados para amostragem quantitativa. *Corers* manuais operados por mergulhadores contemplaram 21% das publicações analisadas. Estes equipamentos são tubos de PVC ou de metal de diâmetro conhecido que são utilizados da seguinte forma: o mergulhador empurra o *corer* no sedimento, cava em volta e sela o *corer* com uma tampa ou com a mão (Munro, 2005). A principal vantagem destes amostradores é a boa representação da coluna do sedimento obtida em cada amostra (Eleftheriou e Moore, 2005). Porém, o manuseio incorreto do *corer* pode causar vieses na amostragem advindos da perda de sedimento superficial e

compressão da amostra (Blomqvist, 1991). Adicionalmente, a sua utilização é limitada a relativamente pequenas profundidades, sendo sugerido um máximo de 30 m para um tempo razoável de trabalho e de 15 m para longos períodos (Lincoln e Sheals, 1979). De fato, nas publicações analisadas, o *corer* operado por mergulho autônomo foi usado em um máximo de 38 metros de profundidade. Assim, em profundidades menores que 40 metros, o *corer* é tão utilizado quanto o van Veen.

Box corers (8% das publicações) são equipamentos que fornecem amostras profundas e relativamente não perturbadas, sendo adequados para uma grande variedade de sedimentos e extensivamente utilizados em águas profundas (Eleftheriou e Moore, 2005). O uso deste tipo de amostrador apresenta certas dificuldades (ver Blomqvist, 1991), sendo considerado potencialmente perigoso e com alto custo de aquisição. Entretanto, o mesmo vem sendo amplamente adotado em campanhas oceanográficas para estudos de assembléias bentônicas de mar profundo.

O uso do *corer* de sucção (operado por mergulhador) e do multicorer foi pouco registrado (2% das publicações). O primeiro é mais utilizado em sedimentos muito grossos (pedregosos ou cascalhosos), quando há a necessidade de amostras profundas (Munro, 2005) e o segundo é um aprimoramento do *box corer* que objetiva resolver o problema de replicação, essencial para descrever bem o ambiente (Eleftheriou e Moore, 2005), embora este aspecto seja questionável (ver Blomqvist, 1991).

Apesar da extensiva literatura comparando e descrevendo diferentes equipamentos de coleta, ainda há necessidade de aprimorar estes amostradores (ver Blomqvist, 1991) e resolver aspectos que permanecem questionáveis. Embora existam diferenças entre o desempenho de diferentes amostradores, é possível que distinções na interpretação de padrões espaciais não ocorram, permitindo o uso de um, do outro ou até ambos. Além disso, é necessário que pesquisadores atentem para diferenças no tamanho da área amostrada pelos amostradores. É intuitivo que diferenças nas dimensões entre dois equipamentos vão influenciar na informação obtida e, nesse sentido, é interessante minimizar este efeito para assim conseguir realmente inferir sobre o que de fato importa (e.g. padrão espacial analisado). Por exemplo, o van Veen e o *corer* frequentemente apresentam dimensões distintas, sendo que o primeiro geralmente coleta maiores volumes de sedimento. Lampadariou et al. (2005), ao avaliar a diferença entre esse amostradores não

consideraram a diferença na área amostrada e, assim, as distinções observadas por eles pode ser justificada pelos diferentes volumes de sedimento coletados.

4.2. Tamanho de Abertura da Malha

Pesquisadores vêm analisando comparativamente a influência do uso de diferentes aberturas de malha nas estimativas de biomassa (e.g. Bachelet, 1990; Reish, 1959) e de densidade (e.g. Schlacher e Wooldridge, 1996b), na distribuição de tamanho (e.g. Morin et al., 2004; Schlacher e Wooldridge, 1996a), na abundância (e.g. Tanaka e Leite, 1998), no número de espécies (e.g. Lampadariou et al., 2005; Thompson et al., 2003), na diversidade (e.g. Gage et al., 2002) e na descrição de padrões espaciais (e.g. James et al., 1995; Rodrigues et al., 2007). Alguns destes estudos sugeriram o uso da malha de 0,5 mm (53% das publicações) ao invés de 1,0 mm (39% das publicações), pois esta última pode perder invertebrados durante a lavagem da amostra (e.g. James et al., 1995; Schlacher e Wooldridge, 1996b; Tanaka e Leite, 1998). Outros autores defenderam que esta perda não é significativa, sendo preferível o tamanho de malha maior (1,0 mm), principalmente por reduzir custos em estudos de monitoramento de poluição (e.g. Lampadariou et al., 2005; Thompson et al., 2003). Nesse contexto, a utilização de malhas menores implica em maior quantidade de sedimento retido e maior tempo de triagem, o que aumenta os custos da pesquisa.

Certos pesquisadores sugerem ainda o uso de malhas com aberturas menores que 0,5 mm em estudos de dinâmica de população da macrofauna para evitar a perda de representantes juvenis (e.g. Bachelet, 1990; Schlacher e Wooldridge, 1996a, 1996b). No presente estudo, apenas quatro publicações fizeram uso de malhas de 0,25 e 0,3 mm, sendo que duas destas utilizaram malhas menores de forma adicional a outras malhas. No trabalho de Teske e Wooldridge (2003), estudando estuários da África do Sul, foi utilizada a malha de 0,25 mm na lavagem de amostras de lama e de 0,5 mm em amostras com consideráveis quantidades de material vegetal. Já Wheatcroft (2006) em seu estudo na costa nordeste da Califórnia (EUA) utilizou as malhas de 1,0 e 0,3 mm sobrepostas.

Embora haja uma série de informações na literatura sobre a escolha do tamanho de malha, exceto pela pesquisa realizada por James et al. (1995), os trabalhos que compararam eficiência das diferentes malhas utilizaram-nas de maneira sobreposta, fornecendo estimativas dependentes (*sensu* Hurlbert, 1984).

Grande parte dos trabalhos que utilizou malhas sobrepostas analisou os dados de forma exploratória, havendo poucos que realizaram testes de hipóteses formais.

Em relação à lavagem da amostra, dois procedimentos variam bastante entre estudos bentônicos: lavagem da amostra *in situ*, antes da fixação (85% das publicações), e lavagem em laboratório, após fixação (15% das publicações). Aparentemente, existe uma carência na literatura de trabalhos que comparem estes dois procedimentos. Todavia, Degraer et al. (2007) avaliaram os efeitos da lavagem da amostra na diversidade de espécies, na densidade e na estrutura da comunidade e concluíram que a magnitude do impacto do procedimento de lavagem *in situ* foi menor na diversidade. Eles sugeriram cautela nos trabalhos com comunidades dominadas por poliquetas pequenos e em períodos de recrutamento do macrobentos (espécimes juvenis abundantes), pois, nesses casos, pode haver perda substancial de invertebrados. Por fim, foi sugerido que o uso de malha menor que 1,0 mm poderia anular esse efeito. Portanto, pesquisas que considerem ambos efeitos de tamanho de malha e procedimento de lavagem da amostra são necessários para esclarecer estes aspectos ainda duvidosos.

4.3. Técnica de Preservação da Amostra

Embora sejam sugeridos na literatura diferentes meios de anestesia, fixação e preservação para cada grupo taxonômico de invertebrados (ver Lincoln e Sheals, 1979), em estudos de ecologia bentônica todo o material bentônico é estocado com o uso da mesma substância. Tal prática se deve à grande dificuldade em separar os grupos e utilizar os procedimentos sugeridos para cada, sendo os procedimentos mais utilizados para preservação de amostra em pesquisas bentônicas são fixação em formalina ou formaldeído 4-10%, seguida de preservação em álcool 70% após a triagem do material (79% das publicações), ou simplesmente preservação direta em álcool 70% (21% das publicações).

A anestesia de invertebrados é uma técnica principalmente utilizada em animais altamente contrácteis. Este procedimento é realizado geralmente em um curto período de tempo, de modo que os animais ficam em condições relaxadas até serem mortos (Lincoln e Sheals, 1979). Foram encontrados somente três trabalhos que anestesiaram os espécimes (Bergen et al., 2001; Hernández-Arana, 2003; Rodríguez-Villanueva, 2003).

Agentes fixadores estabilizam proteínas constituintes do tecido animal após a morte e a escolha desse agente depende do material a ser fixado e do objetivo após

a fixação (e.g. histologia, citologia) (Lincoln e Sheals, 1979). A formalina 10% (equivalente a formaldeído 4%) é a substância mais utilizada para tal fim, sendo que contém compostos tóxicos de efeito carcinogênico (e.g. Coggon et al., 2003; Bosetti et al., 2008) e grande cuidado deve ser tomado no manuseio de amostras contendo esta substância. Soluções de formalina quase sempre têm reações ácidas podendo provocar erosão de conchas de moluscos e para sua neutralização, freqüentemente, são adicionados bórax (borato de sódio) ou hexamina (hexametenetetramina) (Eleftheriou e Moore, 2005). A maioria dos trabalhos analisados utilizou soluções de formol neutralizadas (90 publicações), porém somente Thatje et al. (1999) informou que utilizou hexametenetetramina. Nos trabalhos analisados a rosa de bengala foi uma solução muito utilizada para coloração (43 publicações).

Os processos de fixação e preservação são frequentemente confundidos, sendo necessário ficar claro que uma substância preservativa é aquela na qual o material pode ser armazenado indefinidamente, de modo que a autólise celular é detida (Lincoln e Sheals, 1979). Em algumas publicações analisadas foi percebida esta confusão, nas quais os autores somente informaram que o material foi fixado ou preservado em formalina ou formaldeído (4 - 10%). Informar apenas que o material foi fixado em formol pode levar a duas interpretações distintas: o material foi posteriormente preservado também em formalina (também utilizada para este fim, sendo que dois trabalhos analisados fizeram isto) ou foi preservado em álcool (procedimento mais utilizado). Houve trabalhos em que o autor chamava o processo de fixação de “preservação inicial”, denominando apenas a etapa posterior como “preservação”, deixando clara a falta de distinção entre os dois procedimentos.

O álcool diluído com água a 70% do volume tem sido por muitos anos o escolhido como melhor substância para preservação de invertebrados. Contudo, o seu uso para preservar as amostras no campo, sem fixação prévia, não é considerado muito satisfatório por alguns pesquisadores devido à volatilidade da substância (Lincoln e Sheals, 1979), o que reflete a menor quantidade de publicações analisadas que utilizaram tal substância no campo. Além disso, a mistura do álcool com água do mar causa um precipitado e pode provocar a separação de moluscos lamelibrânquios das suas conchas (Eleftheriou e Moore, 2005).

Existem poucos estudos avaliando efeitos de técnicas de fixação e preservação em invertebrados bentônicos. Grande parte analisou os efeitos destas diferentes técnicas (preservação em álcool ou formalina) nas estimativas de

biomassa de organismos bentônicos (e.g. Gaston et al., 1996; Von Schiller e Solimini, 2005; Wetzel et al., 2005), sendo escassos os trabalhos que analisam efeitos na morfologia (e.g. Costa-Paiva et al., 2007). Desta forma, trabalhos que avaliem perda de material bentônico ou impossibilidade de identificação devido ao uso das diferentes técnicas de preservação são escassos.

4.4. Resolução Taxonômica

De acordo com Ellis (1985), a escolha do tipo de resolução taxonômica a ser utilizado na análise dos dados depende do objetivo do estudo. Geralmente, em pesquisas de ecologia bentônica os pesquisadores buscam identificar os espécimes até o nível de espécie (89% das publicações analisadas). Esse mesmo autor introduziu o conceito de suficiência taxonômica, o qual sugere que utilizar níveis taxonômicos maiores podem fornecer uma informação similar sobre assembléias ou comunidades, poupando tempo e esforço na identificação. Além disso, em muitas partes do globo existe uma carência de conhecimento da taxonomia de muitos grupos (Lampadariou et al., 2005; Olsgard e Somerfield, 2000). Este foi um fato recorrente nas publicações analisadas, nas quais alguns grupos eram somente identificados nos níveis de gênero, família ou ordem (e.g. Sipuncula, Nemertea).

Grande parte da discussão em torno da resolução taxonômica está relacionada com o custo-benefício de programas de monitoramento, sendo sugeridos níveis maiores de identificação (e.g. família) como métodos eficientes para detectar mudanças ambientais (e.g. Dauvin et al., 2003; Ferraro e Cole, 1990; Gomez Gesteira et al., 2003; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Mendes et al., 2007; Olsgard et al., 1997; Somerfield e Clarke, 1995; Vanderklift et al., 1996; Warwick, 1988). Lampadariou et al. (2005) e Thompson et al. (2003) concluíram que a informação sobre o impacto é detectada da mesma forma até o nível de família, sendo que nos níveis superiores a percepção se altera. Entretanto, embora 47% das publicações analisadas no presente estudo fossem compostas por estudos de impacto e monitoramento, somente 6% identificou os espécimes ao nível de família. Algumas publicações definidas como estudos de padrões identificaram os espécimes no nível de família, de forma semelhante ao sugerido por Guzmán-Alvis e Carrasco (2005).

Maurer (2000) e Terlizzi et al. (2003) chamaram atenção para o fato de que utilizar níveis taxonômicos maiores leva a grandes perdas nos recursos de taxonomia e que justificar isto somente nos custos envolvidos em um programa de

pesquisa não é suficiente. Adicionalmente, levantamentos biológicos são cada vez mais requeridos e a queda no conhecimento taxonômico é prejudicial para tais estudos. Nesse sentido, acreditamos que parcerias entre ecólogos e taxonomistas podem auxiliar nestas questões. Afinal, como afirmado por James et al. (1995), se as amostras são processadas a níveis taxonômicos maiores e armazenadas, posteriormente um maior refinamento taxonômico pode ser realizado, principalmente se houver taxonomistas como colaboradores. Assim, sugerimos que, principalmente na região tropical, ecólogos avaliem a aplicabilidade de níveis taxonômicos maiores (e.g. família) para as mais diversas propostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração todos os aspectos metodológicos acima apresentados e discutidos, percebemos que, embora haja diferentes discussões acerca das etapas metodológicas em estudos bentônicos, muitos aspectos ainda permanecem questionáveis ou não esclarecidos. Além disso, há uma grande necessidade de experimentos multifatoriais, avaliando a interação entre estes aspectos, os quais não foram muito abordados (Ferraro et al., 1989; Ferraro et al., 1994; Ferraro e Cole, 1995; James et al., 1995; Lampadariou et al., 2005; Pagola-Carte et al., 2002; Thompson et al., 2003). Desta forma, sugere-se que estudos futuros procurem trazer novas informações e/ou solucionar os problemas acerca dos métodos utilizados que permanecem em questão. Para tal, novas abordagens são necessárias, de forma a se evitar meras repetições de estudos anteriores.

6. REFERÊNCIAS

Aguado-Giménez, F., Marín, A., Montoya, S., Marín-Guirao, L., Piedecausa, A., García-García, B., 2007. Comparison between some procedures for monitoring offshore cage culture in western Mediterranean Sea: sampling methods and impact indicators in soft substrata. *Aquaculture* 271, 357-370.

Andrew, N.L., Mapstone, B.D., 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 25, 39-90.

Bachelet, G., 1990. The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Mar. Environ. Res.* 30, 21-35.

- Bilyard, G.R., 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Mar. Pollut. Bull.* 18, 581-585.
- Bishop, J.D.D., Hartley, J.P., 1986. A comparison of the fauna retained on 0.5 mm and 1 mm meshes from benthic samples taken in the Beatrice Oilfield, Moray Firth, Scotland. *Proc. R. Soc. Edinb.* 91B, 247-262.
- Blomqvist, S., 1990. Sampling performance of Ekman grabs - in situ observations and design improvements. *Hydrobiologia* 206, 245-254.
- Blomqvist, S., 1991. Quantitative sampling of soft-bottom sediments: problems and solutions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 72, 295-304.
- Bosetti, C., Maclaughlin, J.K., Tarone, R.E., Pira, E., La Vecchia, C., 2008. Formaldehyde and cancer risk: a quantitative review of cohort studies through 2006. *Ann. Oncol.* 19, 24-43.
- Boyd, S.E., Barry, J., Nicholson, M., 2006. A comparative study of a 0.1m² and 0.25m² Hamon grab for sampling macrobenthic fauna from offshore marine gravels. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 86, 1315-1328.
- Carey, J.M., Keough, M.J., 2002. Compositing and subsampling to reduce costs and improve power in benthic infaunal monitoring programs. *Estuaries* 25(5), 1053-1061.
- Christie, N.D., 1975. Relationship between sediment texture, species richness and volume of sediment sampled by a grab. *Mar. Biol.* 30, 89-96.
- Coggon, D., Harris, E.C., Poole, J., Palmer, K.T., 2003. Extended follow-up of a cohort of british chemical workers exposed to formaldehyde. *J. Natl. Cancer Inst.* 95(21), 1608-1615.
- Constable, A.J., 1999. Ecology of benthic macro-invertebrates in soft-sediment environments: A review of progress towards quantitative models and predictions. *Aust. J. Ecol.* 24, 452-476.
- Costa-Paiva, E.M., Paiva, P.C., Klautau, M., 2007. Anaesthetization and fixation effects on the morphology of sabellid polychaetes (Annelida: Polychaeta: Sabellidae). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 87, 1127-1132.
- Dauvin, J.C., Gomez Gesteira, J.L., Salvande Fraga, M., 2003. Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 552-555.

- Degraer, S., Moolaert, I., Van Hoey, G., Vincx, M., 2007. Sieving alive or after fixation: effects of sieving procedure on macrobenthic diversity, density and community structure. *Helgol. Mar. Res.* 61, 143-152.
- Dickinson, J.J., Carey, A.G., 1975. A comparison of two benthic infaunal samplers. *Limnol. Oceanogr.* 20, 900-902.
- Downing, J.A., 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling programmes: caution revised. *Mar. Biol.* 103, 231-234.
- Eleftheriou, A., Moore, D.C., 2005. Macrofauna techniques, In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed., pp. 160-228.
- Elliott, J.M., Drake, C.M., 1981. A comparative study of seven grabs used for sampling benthic macroinvertebrates in rivers. *Freshwat. Biol.* 11, 99-120.
- Ellis, D., 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Mar. Pollut. Bull.* 16, 459.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., Deben, W.A., Swartz, R.C., 1989. Power-cost efficiency of eight macrobenthic sampling schemes in Puget Sound, Washington, USA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, 2157-2165.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 1990. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67, 251-262.
- Ferraro, S.P., Swartz, R.C., Cole, F.A., Deben, W.A., 1994. Optimum macrobenthic sampling protocol for detecting pollution impacts in Southern California Bight. *Environ. Monit. Assess.* 29, 127-153.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 1995. Taxonomic level sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos - revisited. *Environ. Toxicol. Chem.* 14(6), 1031-1040.
- Gage, J.D., 1975. A comparison of the deep-sea epibenthic sledge and anchor-box dredge samplers with the van Veen grab and hand coring by diver. *Deep-Sea Res.* 22, 693-702.
- Gage, J.D., Hughes, D.J., Vecino, J.L.G., 2002. Sieve size influence in estimating biomass, abundance and diversity in samples of deep-sea macrobenthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225, 97-107.

- Gaston, G.R., Bartlett, J.H.W., Mcallister, A.P., Heard, R.W., 1996. Biomass variations of estuarine macrobenthos preserved in ethanol and formalin. *Estuaries* 19(3), 674-679.
- Gates, S., 2002. Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology. *J. Anim. Ecol.* 71, 547-557.
- Gomez Gesteira, J.L., Dauvin, J.C., Salvande Fraga, M., 2003. Taxonomic level for assessing oil spill effects on soft-bottom sublittoral benthic communities. *Marine Mar. Pollut. Bull.* 46, 562-572.
- Guzmán-Alvis, A.I., Carrasco, F., 2005. Taxonomic aggregation and redundancy in a tropical macroinfaunal assemblage of the southern Caribbean in the detection of temporal patterns. *Sci. Mar.* 69(1) 133-141.
- Hurlbert, S., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* 54(2), 187-211.
- James, R.J., Lincoln Smith, M.P., Fairweather, P.G., 1995. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118, 187-198.
- Karakassis, I., Hatziyanni, E., 2000. Benthic disturbance due to fish farming analysed under different levels of taxonomic resolution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 203, 247-253.
- Kingsford, M.J., Battershill, C.N., Walls, K., 1998. Introduction to ecological assessments, In: Kingsford, M., Battershill, C. (Eds.), *Studying temperate marine environments - a handbook for ecologists*. Canterbury University Press, New Zealand, pp. 17-28.
- Lampadariou, N., Karakassis, I., Pearson, T.H., 2005. Cost/benefit analysis of a benthic monitoring programme of organic benthic enrichment using different sampling and analysis methods. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 1606-1618.
- Lie, U., Pamatmat, M.M., 1965. Digging characteristics and sampling efficiency of the 0.1 m² van Veen grab. *Limnol. Oceanogr.* 10, 379-384.
- Lincoln, R.J., Sheals, J.G., 1979. *Invertebrate animals: Collection and preservation*. Cambridge University Press, London, 150 pp.
- Maitland, P.S., 1969. A simple corer for sampling sand and finer sediments in shallow water. *Limnol. Oceanogr.* 14, 151-156.

- Maurer, D., 2000. The dark side of taxonomic sufficiency (TS). *Mar. Pollut. Bull.* 40, 98-101.
- Mendes, C.L.T., Tavares, M., Soares-Gomes, A., 2007. Taxonomic sufficiency for soft-bottom sublittoral mollusks assemblages in a tropical estuary, Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 377-384.
- Morin, A., Stephenson, J., Strike, J., Solimini, A.G., 2004. Sieve retention probabilities of stream benthic invertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 23(2), 383-391.
- Morrisey, D.J., Turner, S.J., Macdiarmid, A.B., 1998. Subtidal assemblages of soft substrata, In: Kingsford, M., Battershill, C. (Eds.), *Studying Temperate Marine Environments - a handbook for ecologists*. Canterbury University Press, New Zealand, 335 pp.
- Munro, C., 2005. Diving systems, In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed., pp. 112-158.
- Nalepa, T.F., Quigley, M.A., Ziegler, R.W., 1988. Sampling efficiency of the Ponar grab in two different benthic environments. *J. Great Lakes Res.* 14(1), 89-93.
- Olsgard, F., Somerfield, P.J., Carr, M.R., 1997. Relationships between taxonomic resolution and data transformations in analyses of a macrobenthic community along an established pollution gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149, 173-181.
- Olsgard, F., Somerfield, P.J., 2000. Surrogates in marine benthic investigations - which taxonomic unit to target? *J. Aquat. Ecosyst. Stress Recov.* 7, 25-42.
- Pagola-Carte, S., Urkiaga-Alberdi, J., Bustamante, M., Saiz-Salinas, J.I., 2002. Concordance degrees in macrozoobenthic monitoring programmes using different sampling methods and taxonomic resolution levels. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 63-70.
- Parada, J.M., 2008. A pedal corer for the quantitative sampling of sediments and benthic organisms in submerged areas accessible on foot. *Hydrobiologia* 610, 351-354.
- Reish, D.J., 1959. A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. *Ecology.* 40(2), 307-309.
- Riddle, M.J., 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling programmes: caution advised. *Mar. Biol.* 103, 225-230.

- Rodrigues, A.M., Meireles, S., Pereira, T., Quintino, V., 2007. Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. *Hydrobiologia* 587, 37-50.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H., Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 728-739.
- Schlacher, T.A., Wooldridge, T.H., 1996a. How accurately can retention of benthic macrofauna by a particular mesh size be predicted from body size of organisms? *Hydrobiologia* 323, 149-154.
- Schlacher, T.A., Wooldridge, T.H., 1996b. How sieve mesh size affects sample estimates of estuarine benthic macrofauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 201, 159-171
- Smith, K.L., Howard, J.D., 1972. Comparison of a grab sampler and large volume corer. *Limnol. Oceanogr.* 17, 142-145.
- Somerfield, P.J., Clarke, K.R., 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 127, 113-119.
- Somerfield, P.J., Clarke, K.R., 1997. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. *Mar. Environ. Res.* 43, 145-156.
- Stoner, A.W., Greening, H.S., Ryan, J.D., Livingston, R.J., 1983. Comparison of macrobenthos collected with cores and suction sampler in vegetated and unvegetated marine habitats. *Estuaries* 6, 76-82.
- Tanaka, M.O., Leite, F.P.P., 1998. The effect of sieve mesh size on the abundance and composition of macrophyte-associated macrofaunal assemblages. *Hydrobiologia* 389, 21-28.
- Terlizzi, A., Bevilacqua, S., Fraschetti, S., Boero, F., 2003. Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 556-561.
- Thayer, G.W., Williams, R.B., Price, T.J., Colby, D.R., 1975. A large corer for quantitatively sampling benthos in shallow water. *Limnol. Oceanogr.* 20, 474-481.

- Thompson, B.W., Riddle, M.J., Stark, J.S., 2003. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 232-243.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G., 2005. Design and analysis in benthic surveys, In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed., pp. 1-42.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G., 2003. Power, precaution, Type II error and sampling design in assessment of environmental impacts. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 296, 49-70.
- Underwood, A.J., Chapman, M.G., Connell, S.D., 2000. Observations in ecology: you can't make progress on processes without understanding the patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250, 97-115.
- Vanderklift, M.A., Ward, T.J., Jacoby, C.A., 1996. Effect of reducing taxonomic resolution on ordinations to detect pollution-induced gradients in macrobenthic infaunal assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 136, 137-145.
- Vézina, F., 1988. Sampling variance and the design of quantitative surveys of the marine benthos. *Mar. Biol.* 97, 151-155.
- Von Schiller, D., Solimini, A.G., 2005. Differential effects of preservation on the estimation of biomass of two common mayfly species. *Arch. Hydrobiol.* 164(3), 325-334.
- Warwick, R.M., 1988. Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesundfjord at taxonomic levels higher than species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46, 167-170.
- Wetzel, M.A., Leuchs, H., Koop, J.H.E., 2005. Preservation effects on wet weight, dry weight, and ash-free dry weight biomass estimates of four common estuarine macro-invertebrates: no difference between ethanol and formalin. *Helgol. Mar. Res.* 59, 206-213.

7. APÊNDICE – Lista das 160 publicações analisadas no presente trabalho.

Afli, A., Ayari, R., Zaabi, S., 2008. Ecological quality of some Tunisian coast and lagoon locations, by using benthic community parameters and biotic indices. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 80, 269-280.

Akoumianaki, I., Nicolaidou, A., 2007. Spatial variability and dynamics of macrobenthos in a Mediterranean delta front area: The role of physical processes. *J. Sea. Res.* 57, 47-64.

Albertelli, G., Covazzi-Harriague, A., Danovaro, R., Fabiano, M., Frascchetti, S., Pusceddu, A., 1999. Differential responses of bacteria, meiofauna and macrofauna in a shelf area (Ligurian Sea, NW Mediterranean): role of food availability. *J. Sea. Res.* 42, 11-26.

Arasaki, E., Muniz, P., Pires-Vanin, A.M.S., 2004. A Functional Analysis of the Benthic Macrofauna of the São Sebastião Channel (Southeastern Brazil). *Mar. Ecol.* 25, 249-263.

Balthis, W., Hyland, J., Bearden, D., 2006. Ecosystem Responses to Extreme Natural Events: Impacts of Three Sequential Hurricanes in Fall 1999 on Sediment Quality and Condition of Benthic Fauna in the Neuse River Estuary, North Carolina. *Environ. Monit. Assess.* 119, 367-389.

Barros, F., Hatje, V., Figueiredo, M.B., Magalhães, W.F., Dórea, H.S., Emídio, E.S., 2008. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 78, 753-762.

Barros, F., Underwood, A.J., Archambault, P., 2004. The influence of troughs and crests of ripple marks on the structure of subtidal benthic assemblages around rocky reefs. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 60, 781-790.

Bergen, M., Weisberg, S.B., Smith, R.W., Cadien, D.B., Dalkey, A., Montagne, D.E., Stull, J.K., Velarde, R.G., Ranasinghe, J.A., 2001. Relationship between depth, sediment, latitude, and the structure of benthic infaunal assemblages on the mainland shelf of southern California. *Mar. Biol.* 138, 637-647.

- Bertasi, F., Colangelo, M., Abbiati, M., Ceccherelli, V., 2007. Effects of an artificial protection structure on the sandy shore macrofaunal community: the special case of Lido di Dante (Northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia* 586, 277-290.
- Bigot, L., Conand, C., Amouroux, J.M., Frouin, P., Bruggemann, H., Grémare, A., 2006. Effects of industrial outfalls on tropical macrobenthic sediment communities in Reunion Island (Southwest Indian Ocean). *Mar. Pollut. Bull.* 52, 865-880.
- Bigot, L., Grémare, A., Amouroux, J.-M., Frouin, P., Maire, O., Gaertner, J.C., 2008. Assessment of the ecological quality status of soft-bottoms in Reunion Island (tropical Southwest Indian Ocean) using AZTI marine biotic indices. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 704-722.
- Bishop, M.J., Peterson, C.H., Summerson, H.C., Lenihan, H.S., Grabowski, J.H., 2006. Deposition and Long-Shore Transport of Dredge Spoils to Nourish Beaches: Impacts on Benthic Infauna of an Ebb-Tidal Delta. *J. Coast. Res.* 22, 530-546.
- Blanchard, A.L., Feder, H.M., 2003. Adjustment of benthic fauna following sediment disposal at a site with multiple stressors in Port Valdez, Alaska. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 1590-1599.
- Blanchet, H., de Montaudouin, X., Chardy, P., Bachelet, G., 2005. Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 561-576.
- Bolam, S.G., Eggleton, J., Smith, R., Mason, C., Vanstaen, K., Rees, H., 2008. Spatial distribution of macrofaunal assemblages along the English Channel. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 88, 675-687
- Boyd, S.E., Limpenny, D.S., Rees, H.L., Cooper, K.M., Campbell, S., 2003. Preliminary observations of the effects of dredging intensity on the re-colonisation of dredged sediments off the southeast coast of England (Area 222). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 57, 209-223.
- Brown, C.J., Cooper, K.M., Meadows, W.J., Limpenny, D.S., Rees, H.L., 2002. Small-scale Mapping of Sea-bed Assemblages in the Eastern English Channel Using Sidescan Sonar and Remote Sampling Techniques. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54, 263-278.

- Calabretta, C.J., Oviatt, C.A., 2008. The response of benthic macrofauna to anthropogenic stress in Narragansett Bay, Rhode Island: A review of human stressors and assessment of community conditions. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1680-1695.
- Cardell, M.J., Sardà, R., Romero, J., 1999. Spatial changes in sublittoral soft-bottom polychaete assemblages due to river inputs and sewage discharges. *Acta Oecol.* 20, 343-351.
- Carvalho, S., Cúrdia, J., Moura, A., Gaspar, M.B., Dinis, M.T., Pousão-Ferreira, P., Cancela da Fonseca, L., 2007. The influence of white seabream (*Diplodus sargus*) production on macrobenthic colonization patterns. *Acta Oecol.* 31, 307-315.
- Carvalho, S., Moura, A., Gaspar, M.B., Pereira, P., Cancela da Fonseca, L., Falcão, M., Drago, T., Leitão, F., Regala, J., 2005. Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. *Acta Oecol.* 27, 143-159.
- Chainho, P., Costa, J., Chaves, M., Lane, M., Dauer, D., Costa, M., 2006. Seasonal and Spatial Patterns of Distribution of Subtidal Benthic Invertebrate Communities in the Mondego River, Portugal – A Poikilohaline Estuary. *Hydrobiologia* 555, 59-74.
- Christman, C.S., Dauer, D.M., 2003. An Approach for Identifying the Causes of Benthic Degradation in Chesapeake Bay. *Environ. Monit. Assess.* 81, 187-197.
- Colosio, F., Abbiati, M., Airoldi, L., 2007. Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 1197-1206.
- Como, S., Magni, P., Casu, D., Floris, A., Giordani, G., Natale, S., Fenzi, G.A., Signa, G., De Falco, G., 2007. Sediment characteristics and macrofauna distribution along a human-modified inlet in the Gulf of Oristano (Sardinia, Italy). *Mar. Pollut. Bull.* 54, 733-744.
- Cooksey, C., Hyland, J., 2007. Sediment quality of the Lower St. Johns River, Florida: An integrative assessment of benthic fauna, sediment-associated stressors, and general habitat characteristics. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 9-21.
- Cooper, K., Boyd, S., Aldridge, J., Rees, H., 2007. Cumulative impacts of aggregate extraction on seabed macro-invertebrate communities in an area off the east coast of the United Kingdom. *J. Sea. Res.* 57, 288-302.

- Corfield, J., 2000. The effects of acid sulphate run-off on a subtidal estuarine macrobenthic community in the Richmond River, NSW, Australia. *ICES J. Mar. Sci.* 57, 1517-1523.
- Cosentino, A., Giacobbe, S., 2006. A case study of mollusc and polychaete soft-bottom assemblages submitted to sedimentary instability in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.* 27, 170-183.
- Cosentino, A., Giacobbe, S., 2008. Distribution and functional response of sublittoral soft bottom assemblages to sedimentary constraints. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 79, 263-276.
- Cummings, V., Thrush, S., Norkko, A., Andrew, N., Hewitt, J., Funnell, G., Schwarz, A.-M., 2006. Accounting for local scale variability in benthos: implications for future assessments of latitudinal trends in the coastal Ross Sea. *Antarct. Sci.* 18, 633-644.
- Currie, D., Small, K., 2006. The Influence of Dry-season Conditions on the Bottom Dwelling Fauna of an East Australian Sub-tropical Estuary. *Hydrobiologia* 560, 345-361.
- Dauvin, J.-C., Thiébaud, E., Gesteira, J.L.G., Ghertsos, K., Gentil, F., Ropert, M., Sylvand, B., 2004. Spatial structure of a subtidal macrobenthic community in the Bay of Veys (western Bay of Seine, English Channel). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 307, 217-235.
- Degraer, S., Verfaillie, E., Willems, W., Adriaens, E., Vincx, M., Van Lancker, V., 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: An example from the Belgian part of the North Sea. *Cont. Shelf Res.* 28, 369-379.
- Denis, L., Desroy, N., 2008. Consequences of spring phytodetritus sedimentation on the benthic compartment along a depth gradient in the Eastern English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1844-1854.
- Desprez, M., 2000. Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short- and long-term post-dredging restoration. *ICES J. Mar. Sci.* 57, 1428-1438.
- Desroy, N., Janson, A.-L., Denis, L., Charrier, G., Lesourd, S., Dauvin, J.-C., 2007. The intra-annual variability of soft-bottom macrobenthos abundance patterns in the North Channel of the Seine estuary. *Hydrobiologia* 588, 173-188.

- Drake, P., Baldó, F., Sáenz, V., Arias, A.M., 1999. Macrobenthic Community Structure in Estuarine Pollution Assessment on the Gulf of Cádiz (SW Spain): is the Phylum-level Meta-analysis Approach Applicable? *Mar. Pollut. Bull.* 38, 1038-1047.
- Drgas, A., Radziejewska, T., Warzocha, J., 1998. Biomass Size Spectra of Near-Shore Shallow-Water Benthic Communities in the Gulf of Gdansk Southern Baltic Sea. *Mar. Ecol.* 19, 209-228.
- Duineveld, G.C.A., Bergman, M.J.N., Lavaleye, M.S.S., 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 64, 899-908.
- Echeverría, C., Paiva, P., 2006. Macrofaunal shallow benthic communities along a discontinuous annual cycle at Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polar Biol.* 29, 263-269.
- Elías, R., Palacios, J.R., Rivero, M.S., Vallarino, E.A., 2005. Short-term responses to sewage discharge and storms of subtidal sand-bottom macrozoobenthic assemblages off Mar del Plata City, Argentina (SW Atlantic). *J. Sea. Res.* 53, 231-242.
- Ellingsen, K.E., Hewitt, J.E., Thrush, S.F., 2007. Rare species, habitat diversity and functional redundancy in marine benthos. *J. Sea. Res.* 58, 291-301.
- Ellis, J.I., Schneider, D.C., Thrush, S.F., 2000. Detecting anthropogenic disturbance in an environment with multiple gradients of physical disturbance, Manukau Harbour, New Zealand. *Hydrobiologia* 440, 379-391.
- Engel, J., Kvitek, R., 1998. Effects of Otter Trawling on a Benthic Community in Monterey Bay National Marine Sanctuary. *Conserv. Biol.* 12, 1204-1214.
- Engle, V.D., Summers, J.K., 2000. Biogeography of benthic macroinvertebrates in estuaries along the Gulf of Mexico and western Atlantic coasts^{1,2}. *Hydrobiologia* 436, 17-33.
- Feder, H., Jewett, S., Blanchard, A., 2007. Southeastern Chukchi Sea (Alaska) macrobenthos. *Polar Biol.* 30, 261-275.
- Feder, H.M., Blanchard, A., 1998. The deep benthos of Prince William Sound, Alaska, 16 months after the Exxon Valdez oil spill. *Mar. Pollut. Bull.* 36, 118-130.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 2007. Benthic macrofauna-habitat associations in Willapa Bay, Washington, USA. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 71, 491-507.

- Filgueiras, V., Campos, L., Lavrado, H., Frensel, R., Pollery, R., 2007. Vertical distribution of macrobenthic infauna from the shallow sublittoral zone of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polar Biol.* 30, 1439-1447.
- Fukunaga, A., Bailey-Brock, J.H., 2008. Benthic infaunal communities around two artificial reefs in Mamala Bay, Oahu, Hawaii. *Mar. Environ. Res.* 65, 250-263.
- Gao, Q.-F., Cheung, K.-L., Cheung, S.-G., Shin, P.K.S., 2005. Effects of nutrient enrichment derived from fish farming activities on macroinvertebrate assemblages in a subtropical region of Hong Kong. *Mar. Pollut. Bull.* 51, 994-1002.
- Gaudêncio, M., Cabral, H., 2007. Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. *Hydrobiologia* 587, 241-251.
- Gladstone, W., Hacking, N., Owen, V., 2006. Effects of artificial openings of intermittently opening estuaries on macroinvertebrate assemblages of the entrance barrier. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 67, 708-720.
- Grémare, A., Amouroux, J.M., Vétion, G., 1998. Long-term comparison of macrobenthos within the soft bottoms of the Bay of Banyuls-sur-mer (northwestern Mediterranean Sea). *J. Sea. Res.* 40, 281-302.
- Guerra-García, J.M., Carlos García-Gómez, J., 2004. Soft bottom mollusc assemblages and pollution in a harbour with two opposing entrances. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 60, 273-283.
- Guerra-García, J.M., Corzo, J., García-Gómez, J.C., 2003. Short-Term Benthic Recolonization after Dredging in the Harbour of Ceuta, North Africa. *Mar. Ecol.* 24, 217-229.
- Guerra-García, J.M., García-Gómez, J.C., 2005. Oxygen levels versus chemical pollutants: do they have similar influence on macrofaunal assemblages? A case study in a harbour with two opposing entrances. *Environ. Pollut.* 135, 281-291.
- Harriague, A., Gaozza, L., Montella, A., Misic, C., 2006. Benthic communities on a sandy Ligurian beach (NW Mediterranean). *Hydrobiologia* 571, 383-394.
- Harriague, A.C., Albertelli, G., 2007. Environmental factors controlling macrofaunal assemblages on six microtidal beaches of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 73, 8-16.

- Hartstein, N.D., Rowden, A.A., 2004. Effect of biodeposits from mussel culture on macroinvertebrate assemblages at sites of different hydrodynamic regime. *Mar. Environ. Res.* 57, 339-357.
- Harvey, M., Gauthier, D., Munro, J., 1998. Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the anse à Beaufile, baie des Chaleurs, eastern Canada. *Mar. Pollut. Bull.* 36, 41-55.
- Hatje, V., Barros, F., Magalhães, W., Riatto, V.B., Amorim, F.N., Figueiredo, M.B., Spanó, S., Cirano, M., 2008. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 363-370.
- Hermand, R., Salen-Picard, C., Alliot, E., Degiovanni, C., 2008. Macrofaunal density, biomass and composition of estuarine sediments and their relationship to the river plume of the Rhone River (NW Mediterranean). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 79, 367-376.
- Hernández-Arana, H.A., Rowden, A.A., Attrill, M.J., Warwick, R.M., Gold-Bouchot, G., 2003. Large-scale environmental influences on the benthic macroinfauna of the southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58, 825-841.
- Herrando-Pérez, S., Frid, C.L.J., 1998. The cessation of long-term fly-ash dumping: Effects on macrobenthos and sediments. *Mar. Pollut. Bull.* 36, 780-790.
- Hisashi, Y., 2002. Impact of fish and pearl farming on the benthic environments in Gokasho Bay: Evaluation from seasonal fluctuations of the macrobenthos. *Fish. Sci.* 68, 258-268.
- Hyland, J., Cooksey, C., Balthis, W.L., Fulton, M., Bearden, D., McFall, G., Kendall, M., 2006. The soft-bottom macrobenthos of Gray's Reef National Marine Sanctuary and nearby shelf waters off the coast of Georgia, USA. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 330, 307-326.
- Hyland, J.L., Snoots, T.R., Balthis, W.L., 1998. Sediment Quality of Estuaries in the Southeastern U.S. *Environ. Monit. Assess.* 51, 331-343.
- Jayaraj, K.A., Josia, J., Kumar, P.K.D., 2008. Infaunal Macrobenthic Community of Soft Bottom Sediment in a Tropical Shelf. *J. Coast. Res.* 24, 708-718.

- Kanaya, G., Kikuchi, E., 2008. Spatial changes in a macrozoobenthic community along environmental gradients in a shallow brackish lagoon facing Sendai Bay, Japan. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 78, 674-684.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N., Plaiti, W., 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES J. Mar. Sci.* 57, 1462-1471.
- Kempf, M., Merceron, M., Cadour, G., Jeanneret, H., Méar, Y., Miramand, P., 2002. Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site: II. Biosedimentology. *J. Appl. Ichthyol.* 18, 51-60.
- Kendall, M.A., Widdicombe, S., 1999. Small scale patterns in the structure of macrofaunal assemblages of shallow soft sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 237, 127-140.
- Kress, N., Herut, B., Galil, B.S., 2004. Sewage sludge impact on sediment quality and benthic assemblages off the Mediterranean coast of Israel--a long-term study. *Mar. Environ. Res.* 57, 213-233.
- Labrune, C., Grémare, A., Amouroux, J.-M., Sardá, R., Gil, J., Taboada, S., 2007. Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 71, 133-147.
- Labrune, C., Grémare, A., Amouroux, J.-M., Sardá, R., Gil, J., Taboada, S., 2008. Structure and diversity of shallow soft-bottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Helgol. Mar. Res.* 62, 201-214.
- Lampadariou, N., Akoumianaki, I., Karakassis, I., 2008. Use of the size fractionation of the macrobenthic biomass for the rapid assessment of benthic organic enrichment. *Ecol. Indic.* 8, 729-742.
- Lardicci, C., Rossi, F., 1998. Detection of stress on macrozoobenthos: Evaluation of some methods in a coastal Mediterranean lagoon. *Mar. Environ. Res.* 45, 367-386.
- Laudien, J., Herrmann, M., Arntz, W., 2007. Soft bottom species richness and diversity as a function of depth and iceberg scour in Arctic glacial Kongsfjorden (Svalbard). *Polar Biol.* 30, 1035-1046.
- Long, E., Dutch, M., Aasen, S., Welch, K., Hameedi, M., 2005. Spatial Extent of Degraded Sediment Quality In Puget Sound (Washington State, U.S.A.) Based Upon Measures Of The Sediment Quality Triad. *Environ. Monit. Assess.* 111, 173-222.

- Lourido, A., Moreira, J., Troncoso, J., 2008. Assemblages of peracarid crustaceans in subtidal sediments from the Ría de Aldán (Galicia, NW Spain). *Helgol. Mar. Res.* 62, 289-301.
- Magni, P., De Falco, G., Como, S., Casu, D., Floris, A., Petrov, A.N., Castelli, A., Perilli, A., 2008. Distribution and ecological relevance of fine sediments in organic-enriched lagoons: The case study of the Cabras lagoon (Sardinia, Italy). *Mar. Pollut. Bull.* 56, 549-564.
- Magni, P., Rajagopal, S., van der Velde, G., Fenzi, G., Kassenberg, J., Vizzini, S., Mazzola, A., Giordani, G., 2008. Sediment features, macrozoobenthic assemblages and trophic relationships ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis) following a dystrophic event with anoxia and sulphide development in the Santa Giusta lagoon (western Sardinia, Italy). *Mar. Pollut. Bull.* 57, 125-136.
- Mallet, A.L., Carver, C.E., Landry, T., 2006. Impact of suspended and off-bottom Eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. *Aquaculture* 255, 362-373.
- Malloy, K.J., Wade, D., Janicki, A., Grabe, S.A., Nijbroek, R., 2007. Development of a benthic index to assess sediment quality in the Tampa Bay Estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 22-31.
- Mancinelli, G., Fazi, S., Rossi, L., 1998. Sediment structural properties mediating dominant feeding types patterns in soft-bottom macrobenthos of the Northern Adriatic Sea. *Hydrobiologia* 367, 211-222.
- Mancinelli, G., Rossi, L., 2002. The Influence of Allochthonous Leaf Detritus on the Occurrence of Crustacean Detritivores in the Soft-bottom Macrobenthos of the Po River Delta Area (northwestern Adriatic Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54, 849-861.
- Mastrototaro, F., Giove, A., D'Onghia, G., Tursi, A., Matarrese, A., Gadaleta, M.V., 2008. Benthic diversity of the soft bottoms in a semi-enclosed basin of the Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 88, 247-252.
- McBreen, F., Wilson, J., Mackie, A., Nic Aonghusa, C., 2008. Seabed mapping in the southern Irish Sea: predicting benthic biological communities based on sediment characteristics. *Hydrobiologia* 606, 93-103.
- Méndez, N., 2002. Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Urías estuary (Sinaloa, Mexico). *Oceanol. Acta* 25, 139-147.

- Mikac, K.M., Maher, W.A., Jones, A.R., 2007. Do physicochemical sediment variables and their soft sediment macrofauna differ among microsize coastal lagoons with forested and urbanised catchments? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 72, 308-318.
- Miron, G., Landry, T., Archambault, P., Frenette, B., 2005. Effects of mussel culture husbandry practices on various benthic characteristics. *Aquaculture* 250, 138-154.
- Mistri, M., Fano, E.A., Rossi, G., Caselli, K., Rossi, R., 2000. Variability in Macrobenthos Communities in the Valli di Comacchio, Northern Italy, a Hypereutrophized Lagoonal Ecosystem. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 51, 599-611.
- Mogias, A., Kevrekidis, T., 2005. Macrozoobenthic community structure in a poikilohaline Mediterranean lagoon (Laki Lagoon, northern Aegean). *Helgol. Mar. Res.* 59, 167-176.
- Montaudouin, X., Sauriau, P.G., 1999. The proliferating Gastropoda *Crepidula fornicata* may stimulate macrozoobenthic diversity. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 79, 1069-1077
- Moodley, L., Heip, C.H.R., Middelburg, J.J., 1998. Benthic activity in sediments of the northwestern Adriatic Sea: sediment oxygen consumption, macro- and meiofauna dynamics. *J. Sea. Res.* 40, 263-280.
- Morehead, S., Montagna, P., Kennicutt, M.C., 2008. Comparing fixed-point and probabilistic sampling designs for monitoring the marine ecosystem near McMurdo Station, Ross Sea, Antarctica. *Antarct. Sci.* 20, 471-484.
- Moreira, J., Gestoso, L., Troncoso, J.S., 2008. Diversity and temporal variation of peracarid fauna (Crustacea: Peracarida) in the shallow subtidal of a sandy beach: Playa América (Galicia, NW Spain). *Mar. Ecol.* 29, 12-18.
- Morrisey, D.J., Turner, S.J., Mills, G.N., Bruce Williamson, R., Wise, B.E., 2003. Factors affecting the distribution of benthic macrofauna in estuaries contaminated by urban runoff. *Mar. Environ. Res.* 55, 113-136.
- Mucha, A.P., Costa, M.H., 1999. Macrozoobenthic community structure in two Portuguese estuaries: Relationship with organic enrichment and nutrient gradients. *Acta Oecol.* 20, 363-376.
- Munari, C., Mistri, M., 2008. The performance of benthic indicators of ecological change in Adriatic coastal lagoons: Throwing the baby with the water. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 95-105.

- Nanami, A., Saito, H., Akita, T., Motomatsu, K.-i., Kuwahara, H., 2005. Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthic invertebrates in a brackish lake in relation to environmental variables. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 63, 167-176.
- Norén, K., Lindegarth, M., 2005. Spatial, temporal and interactive variability of infauna in Swedish coastal sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 317, 53-68.
- Occhipinti-Ambrogi, A., Savini, D., Forni, G., 2005. Macrobenthos community structural changes off Cesenatico coast (Emilia Romagna, Northern Adriatic), a six-year monitoring programme. *Sci. Total Environ.* 353, 317-328.
- Oug, E., 1998. Relating species patterns and environmental variables by canonical ordination: An analysis of soft-bottom macrofauna in the region of Tromsø, northern Norway. *Mar. Environ. Res.* 45, 29-45.
- Pagliosa, P.R., Barbosa, F.A.R., 2006. Assessing the environment-benthic fauna coupling in protected and urban areas of southern Brazil. *Biol. Cons.* 129, 408-417.
- Paiva, P.C., 2001. Spatial and Temporal Variation of a Nearshore Benthic Community in Southern Brazil: Implications for the Design of Monitoring Programs. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52, 423-433.
- Papageorgiou, N., Moreno, M., Marin, V., Baiardo, S., Arvanitidis, C., Fabiano, M., Eleftheriou, A., 2007. Interrelationships of bacteria, meiofauna and macrofauna in a Mediterranean sedimentary beach (Maremma Park, NW Italy). *Helgol. Mar. Res.* 61, 31-42.
- Parry, D.M., Kendall, M.A., Rowden, A.A., Widdicombe, S., 1999. Species body size distribution patterns of marine benthic macrofauna assemblages from contrasting sediment types. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 79, 793-801.
- Pereira, P.M.F., Black, K.D., McLusky, D.S., Nickell, T.D., 2004. Recovery of sediments after cessation of marine fish farm production. *Aquaculture* 235, 315-330.
- Pinn, E.H., Robertson, M.R., 2003. Effect of track spacing and data interpolation on the interpretation of benthic community distributions derived from RoxAnn™ acoustic surveys. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 1288-1297.
- Ponti, M., Antonia Colangelo, M., Ugo Ceccherelli, V., 2007. Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblages in a coastal lagoon exploited for extensive aquaculture: Valle Smarlacca (northern Adriatic Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 75, 79-89.

- Puente, A., Juanes, J.A., García-Castrillo, G., Álvarez, C., Revilla, J.A., Gil, J.L., 2002. Baseline study of soft bottom benthic assemblages in the Bay of Santander (Gulf of Biscay). *Hydrobiologia* 475-476, 141-149.
- Rees, H.L., Pendle, M.A., Waldock, R., Limpenny, D.S., Boyd, S.E., 1999. A comparison of benthic biodiversity in the North Sea, English Channel, and Celtic Seas. *ICES J. Mar. Sci.* 56, 228-246.
- Reiss, H., Kröncke, I., 2005. Seasonal variability of infaunal community structures in three areas of the North Sea under different environmental conditions. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 65, 253-274.
- Reizopoulou, S., Nicolaidou, A., 2007. Index of size distribution (ISD): a method of quality assessment for coastal lagoons. *Hydrobiologia* 577, 141-149.
- Renaud, P., Włodarska-Kowalczyk, M., Trannum, H., Holte, B., Węślawski, J., Cochrane, S., Dahle, S., Gulliksen, B., 2007. Multidecadal stability of benthic community structure in a high-Arctic glacial fjord (van Mijenfjord, Spitsbergen). *Polar Biol.* 30, 295-305.
- Robinson, J.E., Newell, R.C., Seiderer, L.J., Simpson, N.M., 2005. Impacts of aggregate dredging on sediment composition and associated benthic fauna at an offshore dredge site in the southern North Sea. *Mar. Environ. Res.* 60, 51-68.
- Rodríguez-Gallego, L., Meerhoff, E., Poersch, L., Aubriot, L., Fagetti, C., Vitancurt, J., Conde, D., 2008. Establishing limits to aquaculture in a protected coastal lagoon: Impact of *Farfantepenaeus paulensis* pens on water quality, sediment and benthic biota. *Aquaculture* 277, 30-38.
- Rodríguez-Villanueva, V., Martínez-Lara, R., Macías Zamora, V., 2003. Polychaete community structure of the northwestern coast of Mexico: patterns of abundance and distribution. *Hydrobiologia* 496, 385-399.
- Rogers, S.I., Somerfield, P.J., Schratzberger, M., Warwick, R., Maxwell, T.A.D., Ellis, J.R., 2008. Sampling strategies to evaluate the status of offshore soft sediment assemblages. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 880-894.
- Rosa-Filho, J.S., Bemvenuti, C.E., Elliott, M., 2004. Predicting biological parameters of estuarine benthic communities using models based on environmental data. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 47, 613-627.

- Rosenberg, R., Grémare, A., Amouroux, J.-M., Nilsson, H.C., 2003. Benthic habitats in the northwest Mediterranean characterised by sedimentary organics, benthic macrofauna and sediment profile images. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 57, 297-311.
- Rosenberg, R., Nilsson, H.C., Hellman, B., Agrenius, S., 2000. Depth Correlated Benthic Faunal Quantity and Infaunal Burrow Structures on the Slopes of a Marine Depression. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50, 843-853.
- Ross, D.J., Johnson, C.R., Hewitt, C.L., 2006. Abundance of the introduced seastar, *Asterias amurensis*, and spatial variability in soft sediment assemblages in SE Tasmania: Clear correlations but complex interpretation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 67, 695-707.
- Sánchez-Moyano, J.E., Estacio, F.J., García-Adiego, E.M., García-Gómez, J.C., 2004. Dredging impact on the benthic community of an unaltered inlet in southern Spain. *Helgol. Mar. Res.* 58, 32-39.
- Sanders, J., Kendall, M., Hawkins, A., Spicer, J., 2007. Can functional groups be used to indicate estuarine ecological status? *Hydrobiologia* 588, 45-58.
- Sardá, R., Pinedo, S., Martin, D., 1999. Seasonal dynamics of macroinfaunal key species inhabiting shallow soft-bottoms in the Bay of Blanes (NW Mediterranean). *Acta Oecol.* 20, 315-326.
- Schratzberger, M., Whomersley, P., Kilbride, R., Rees, H.L., 2004. Structure and taxonomic composition of subtidal nematode and macrofauna assemblages at four stations around the UK coast. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 84, 315-322.
- Sellanes, J., Quiroga, E., Neira, C., Gutiérrez, D., 2007. Changes of macrobenthos composition under different ENSO cycle conditions on the continental shelf off central Chile. *Cont. Shelf Res.* 27, 1002-1016.
- Shin, P.K.S., Fong, K.Y.S., 1999. Multiple Discriminant Analysis of Marine Sediment Data. *Mar. Pollut. Bull.* 39, 285-294.
- Simboura, N., Papathanassiou, E., Sakellariou, D., 2007. The use of a biotic index (Bentix) in assessing long-term effects of dumping coarse metalliferous waste on soft bottom benthic communities. *Ecol. Indic.* 7, 164-180.
- Simonini, R., Ansaloni, I., Bonini, P., Grandi, V., Graziosi, F., Iotti, M., Massamba-N'Siala, G., Mauri, M., Montanari, G., Preti, M., De Nigris, N., Prevedelli, D., 2007.

Recolonization and recovery dynamics of the macrozoobenthos after sand extraction in relict sand bottoms of the Northern Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res.* 64, 574-589.

Simonini, R., Ansaloni, I., Bonvicini Pagliai, A.M., Cavallini, F., Iotti, M., Mauri, M., Montanari, G., Preti, M., Rinaldi, A., Prevedelli, D., 2005. The effects of sand extraction on the macrobenthos of a relict sands area (northern Adriatic Sea): results 12 months post-extraction. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 768-777.

Simonini, R., Ansaloni, I., Bonvicini Pagliai, A.M., Prevedelli, D., 2004. Organic enrichment and structure of the macrozoobenthic community in the northern Adriatic Sea in an area facing Adige and Po mouths. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 871-881.

Smith, C.J., Papadopoulou, K.N., Diliberto, S., 2000. Impact of otter trawling on an eastern Mediterranean commercial trawl fishing ground. *ICES J. Mar. Sci.* 57, 1340-1351.

Smith, J., Shackley, S.E., 2006. Effects of the closure of a major sewage outfall on sublittoral, soft sediment benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.* 52, 645-658.

Smith, S.D.A., Rule, M.J., 2001. The Effects of Dredge-Spoil Dumping on a Shallow Water Soft-Sediment Community in the Solitary Islands Marine Park, NSW, Australia. *Mar. Pollut. Bull.* 42, 1040-1048.

Stark, J.S., 2000. The distribution and abundance of soft-sediment macrobenthos around Casey Station, East Antarctica. *Polar Biol.* 23, 840-850.

Stark, J.S., Riddle, M.J., Simpson, R.D., 2003. Human impacts in soft-sediment assemblages at Casey Station, East Antarctica: Spatial variation, taxonomic resolution and data transformation. *Austral Ecol.* 28, 287-304.

Stark, J.S., Riddle, M.J., Snape, I., Scouller, R.C., 2003. Human impacts in Antarctic marine soft-sediment assemblages: correlations between multivariate biological patterns and environmental variables at Casey Station. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56, 717-734.

Stark, J.S., Snape, I., Riddle, M.J., Stark, S.C., 2005. Constraints on spatial variability in soft-sediment communities affected by contamination from an Antarctic waste disposal site. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 276-290.

Tagliapietra, D., Pavan, M., Wagner, C., 1998. Macrobenthic Community Changes Related to Eutrophication in Palude della Rosa (Venetian Lagoon, Italy). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 47, 217-226.

- Teixeira, H., Salas, F., Borja, Á., Neto, J.M., Marques, J.C., 2008. A benthic perspective in assessing the ecological status of estuaries: The case of the Mondego estuary (Portugal). *Ecol. Indic.* 8, 404-416.
- Teske, P.R., Wooldridge, T., 2001. A comparison of the macrobenthic faunas of permanently open and temporarily open/closed South African Estuaries. *Hydrobiologia* 464, 227-243.
- Teske, P.R., Wooldridge, T.H., 2003. What limits the distribution of subtidal macrobenthos in permanently open and temporarily open/closed South African estuaries? Salinity vs. sediment particle size. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 57, 225-238.
- Thatje, S., Gerdes, D., Rachor, E., 1999. A seafloor crater in the German Bight and its effects on the benthos. *Helgol. Mar. Res.* 53, 36-44.
- Tomassetti, P., Porrello, S., 2005. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. *Aquacult. Int.* 13, 109-128.
- Valente, R.M., 2006. Response of benthic infauna and epifauna to ocean disposal of red clay dredged material in the New York Bight: A study using sediment-profile imaging, surface imaging and traditional methods. *J. Marine Syst.* 62, 173-188.
- Venturini, N., Tommasi, L.R., 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons and changes in the trophic structure of polychaete assemblages in sediments of Todos os Santos Bay, Northeastern, Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 97-107.
- Vita, R., Marin, A., 2007. Environmental impact of capture-based bluefin tuna aquaculture on benthic communities in the western Mediterranean. *Aquacult. Res.* 38, 331-339.
- Wheatcroft, R.A., 2006. Time-series measurements of macrobenthos abundance and sediment bioturbation intensity on a flood-dominated shelf. *Prog. Oceanogr.* 71, 88-122.
- Wieking, G., Kröncke, I., 2005. Is benthic trophic structure affected by food quality? The Dogger Bank example. *Mar. Biol.* 146, 387-400.
- Wilber, D.H., Clarke, D.G., Rees, S.I., 2007. Responses of benthic macroinvertebrates to thin-layer disposal of dredged material in Mississippi Sound, USA. *Mar. Pollut. Bull.* 54, 42-52.
- Wilding, T., 2006. The Benthic Impacts of the Loch Linnhe Artificial Reef. *Hydrobiologia* 555, 345-353.

Witt, J., Schroeder, A., Knust, R., Arntz, W.E., 2004. The impact of harbour sludge disposal on benthic macrofauna communities in the Weser estuary. *Helgol. Mar. Res.* 58, 117-128.

Wlodarska-Kowalczyk, M., Szymelfenig, M., Zajczkowski, M., 2007. Dynamic sedimentary environments of an Arctic glacier-fed river estuary (Adventfjorden, Svalbard). II: Meio- and macrobenthic fauna. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 274-284.

Ysebaert, T., De Neve, L., Meire, P., 2000. The subtidal macrobenthos in the mesohaline part of the Schelde Estuary (Belgium): influenced by man? *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 80, 587-597

Zimmerman, L.E., Jutte, P.C., Van Dolah, R.F., 2003. An environmental assessment of the Charleston Ocean Dredged Material Disposal Site and surrounding areas after partial completion of the Charleston Harbor Deepening Project. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 1408-1419.

ANÁLISE DO EFEITO DOS PROCEDIMENTOS DE PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS NOS PADRÕES QUANTITATIVOS EM ECOLOGIA BENTÔNICA

Análise do efeito dos procedimentos de preservação de amostras nos padrões quantitativos em ecologia bentônica

Souza*, G. B. G.; Barros, F.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Laboratório de Ecologia Bentônica, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, 40170-290, Brasil.

* Autor correspondente: gabrielbbarros@gmail.com

RESUMO

Na literatura científica, vários trabalhos têm sugerido diferentes meios de anestesia, fixação e preservação para cada grupo taxonômico de invertebrados. Entretanto em estudos com assembléias bentônicas toda a amostra biológica é armazenada com o uso da mesma substância e não se sabe exatamente qual o efeito dos diferentes procedimentos de preservação nos padrões quantitativos obtidos. O presente estudo objetivou avaliar a influência dos diferentes procedimentos de preservação da amostra com e sem fixação em formalina no número de táxons e de indivíduos e na estrutura da assembléia. Foi amostrado um local com substrato lamoso (Inema) e outro com substrato arenoso (Ribeira). Em cada local foram distribuídos 10 pontos de amostragem, cinco para cada procedimento de preservação, dispostos de forma sistematicamente intercalada. Em cada ponto foram coletadas três amostras de sedimento utilizando um *corer* manual de PVC operado por mergulhadores. As amostras foram lavadas *in situ* em malha de 0,5 mm e armazenadas com formalina ou álcool. Em laboratório, as amostras foram novamente lavadas e então triadas. O tempo de lavagem em laboratório, bem como preço das substâncias foram obtidos a fim de se realizar uma análise custo-benefício. Foi coletado um total de 1.970 indivíduos (132 em Inema e 1.838 na Ribeira), compreendendo 121 táxons (49 em Inema e 83 na Ribeira). As assembléias preservadas com álcool foram compostas por 797 indivíduos e 82 táxons, enquanto aquelas fixadas com formalina apresentaram 1.173 indivíduos e 94 táxons. Apesar desta diferença numérica, Polychaeta foi o grupo mais abundante para os dois procedimentos de preservação, seguido por Mollusca e Crustacea. Foram observadas diferenças significativas entre os tipos de substrato na ANOVA (número de táxons e de indivíduos) e na PERMANOVA. No fundo arenoso foram observadas diferenças significativas no número de indivíduos de poliquetas utilizando-se os diferentes métodos de preservação. As amostras fixadas com formalina demandaram maior tempo na lavagem no laboratório, porém o custo foi inferior quando comparada a preservação com álcool. A partir de um índice custo-benefício proposto foi constatado que o uso da formalina parece representar o melhor balanço entre precisão e custo.

Palavras-chave: macrobentos, substrato não consolidado, álcool, formalina, custo-benefício

ABSTRACT

In the scientific literature several studies have been suggesting different ways of anesthesia, fixation and preservation for each taxonomic group of invertebrates. However in benthic assemblages studies the entire biological sample is treated using the same substance and it is unclear what are the effects of different preservation procedures in the description of quantitative patterns. The present study aimed to evaluate the influence of different sample preservation procedures, with and without fixation in formalin, in the number of taxa and individuals and in the assemblage structure. Two locations were sampled, one with muddy bottom (Inema) and other with sandy bottom (Ribeira). At each location there were 10 sampling points, five for each preservation procedure, and each point was systematically interspersed. Three sediment samples were collected at each point using a dive-operated corer of PVC. Samples were sieved *in situ* in 0.5 mm mesh size and stored in formalin or alcohol. In the laboratory, samples were again sieved in 0.5 mesh size and after sorted. The sieving time in the laboratory as well as the price of the substances were obtained in order to achieve a cost-benefit analysis. There were a total of 1970 individuals collected (132 in Inema and 1838 in Ribeira), comprising 121 taxa (49 in Inema and 83 in Ribeira). Assemblages preserved in alcohol were composed of 797 individuals and 82 taxa, while those fixed with formalin had 1173 individuals and 94 taxa. Polychaeta was the most abundant group for both preservation procedures, followed by Mollusca and Crustacea. Significant differences were observed between substrate types in ANOVA (number of taxa and abundance) and PERMANOVA. In sandy bottom there were significant differences in the number of individuals of polychaetes using the different procedures. The samples fixed with formalin demanded more time in the laboratory, but the cost was lower than preservation with alcohol. A cost-benefit index was introduced and was observed that the use of formalin seems to achieve better relationship between precision and cost.

Key-words: macrobenthos, soft bottom, alcohol, formalin, cost-benefit

INTRODUÇÃO

Assembléias bentônicas macrofaunais são compostas por diversos grupos de invertebrados, sendo que freqüentemente os grupos mais abundantes são poliquetas, crustáceos e moluscos (e.g. Lenihan & Micheli, 2001). Os procedimentos de coleta e preservação mais adequados para estes organismos foram descritos na literatura (e.g. Lincoln & Sheals, 1979; Eleftheriou & Moore, 2005) e para cada grupo taxonômico são sugeridos diferentes meios de anestesia, fixação e preservação (Lincoln & Sheals, 1979). Todavia, em estudos de assembléias bentônicas toda a amostra biológica é armazenada com o uso da mesma substância, já que separar os grupos e utilizar procedimentos específicos seria extremamente trabalhoso. Os procedimentos de preservação de amostra comumente utilizados são fixação em formalina 4 a 10% e posterior preservação em álcool 70% ou simplesmente preservação em álcool 70%, sem uso de substância fixadora (Capítulo 1).

Apesar da formalina 10% (equivalente a formaldeído 4%) ser uma das substâncias mais comumente utilizadas para fixação de material biológico, seu uso requer algumas precauções. Para evitar desbalanceamentos osmóticos nos organismos marinhos é indicada a diluição de formalina em água do mar (Lincoln & Sheals, 1979). Além disso, soluções de formalina quase sempre têm reações ácidas, provocando erosão de conchas de moluscos e produzindo precipitado. Para neutralizar a substância são freqüentemente adicionados bórax (borato de sódio) ou hexamina (hexametenetetramina) (Eleftheriou & Moore, 2005). Adicionalmente, a formalina contém compostos tóxicos de efeito carcinogênico (e.g. Coggon et al., 2003; Bosetti et al., 2008), sendo necessário grande cuidado no manuseio de amostras contendo esta substância.

Devido aos problemas acima citados, alguns pesquisadores preferem somente utilizar álcool na preservação das amostras coletadas. Entretanto, o uso dessa substância para preservar as amostras no campo apresenta certas desvantagens, principalmente devido à sua volatilidade (Lincoln & Sheals, 1979). Há uma formação de precipitado quando o álcool é misturado com água do mar, o que pode provocar também a separação de moluscos lamelibrânquios das suas conchas (Eleftheriou & Moore, 2005).

Estudos que avaliem a influência do uso de diferentes técnicas de preservação em invertebrados bentônicos são escassos. Grande parte das pesquisas publicadas até o momento analisou os efeitos destas técnicas nas estimativas de biomassa de organismos bentônicos (e.g. Gaston et al., 1996; Von

Schiller & Solimini, 2005; Wetzel et al., 2005). Estes estudos, geralmente, analisaram o efeito destes procedimentos em poucas espécies. Além disso, são raros os estudos que analisaram a influência da substância preservativa nos caracteres morfológicos de invertebrados (e.g. Costa-Paiva et al., 2007). Adicionalmente, trabalhos que avaliem perda de material bentônico e/ou a impossibilidade de identificação devido às técnicas de preservação são ausentes.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência dos diferentes procedimentos de preservação da amostra, com e sem fixação em formalina, nos padrões quantitativos univariados (número de táxons e de indivíduos) e multivariados (estrutura da assembléia) obtidos, partindo da hipótese que há diferença significativa entre os dois tipos de preservação quanto aos padrões avaliados. Adicionalmente, uma hipótese semelhante foi testada somente para anelídeos poliquetas (bastante representativos em assembléias bentônicas), devido ao fato deste grupo apresentar corpo relativamente frágil e desprovido de estruturas rígidas, sendo que a armazenagem direta desse táxon em álcool 70% pode causar deformações nas estruturas morfológicas (ver Lincoln & Sheals, 1979). Um índice custo-benefício foi proposto para seleção do procedimento mais apropriado em estudos ecológicos. O estudo foi realizado em uma área de substrato lamoso e outra de substrato arenoso, presumindo-se que na área lamosa (maior teor de material orgânico) haveria maior probabilidade de diferença entre procedimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na Baía de Todos os Santos (BTS), considerada a segunda maior baía costeira brasileira, com aproximadamente 1.233 km² (Cirano & Lessa, 2007). Foram amostradas duas áreas no infralitoral raso da BTS (Fig. 1): uma área em frente à Praia de Inema (12°49'21.9" S e 30°29'34.1" W) e outra próxima à Praia da Ribeira (12°53'51.5" S e 38°30'11.5" W). A região de Inema localiza-se próxima à Baía de Aratu, sendo que a área amostrada apresentou sedimentos com predominância de finos (silte e argila) e profundidade média de 6 m. Já a área próxima à Ribeira encontra-se nas proximidades entre o canal de Salvador e a Baía de Itapagipe e apresentou sedimentos predominantemente arenosos (grande quantidade de biodetritos de carbonato), com profundidade média de 5 m.

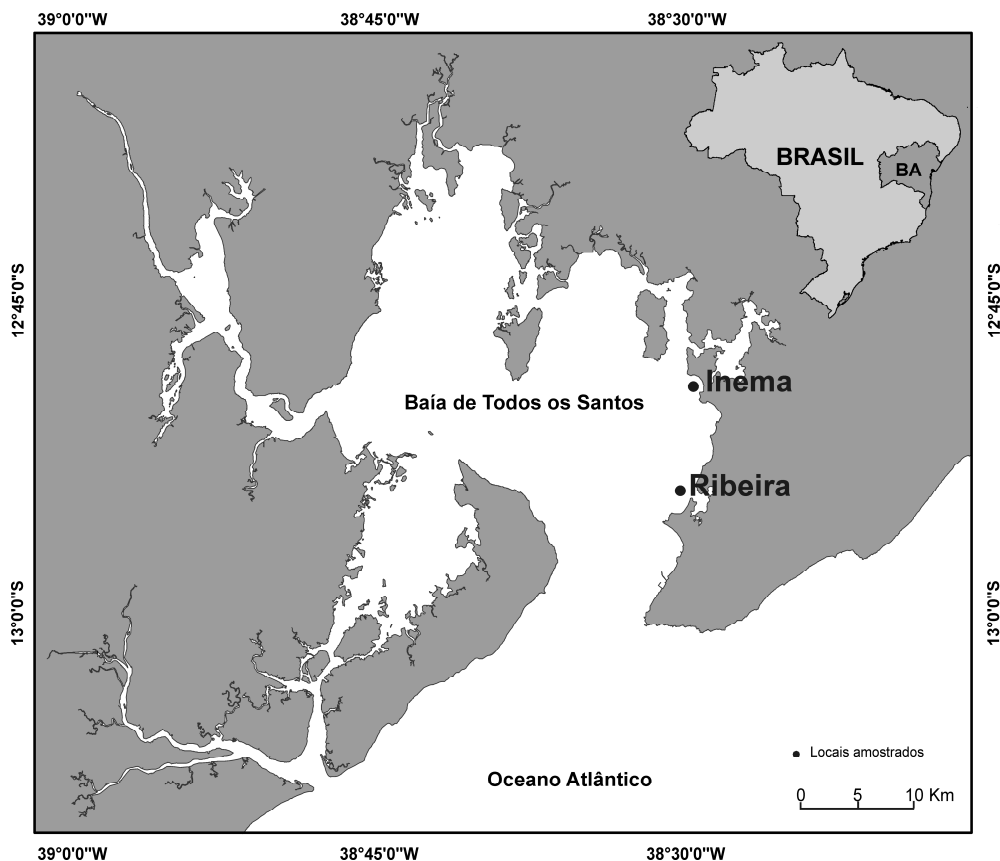


Figura 1. Localização geográfica dos locais amostrados em Inema (substrato lamoso) e na Ribeira (substrato arenoso), Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil).

Coleta e processamento das amostras

As coletas foram realizadas em maio de 2009. Em cada tipo de substrato foram distribuídos 10 pontos de amostragem dispostos de forma sistematicamente intercalada, a uma distância de 10 metros um do outro. Os pontos foram intercalados de acordo com o procedimento de preservação de amostra, totalizando cinco para cada (Fig. 2). Em cada ponto foram tomadas três amostras de sedimento utilizando um *corer* manual de PVC (10 cm de diâmetro e 15 cm de penetração no sedimento) operado por mergulhadores. As amostras foram lavadas *in situ* em malha de 0,5 mm e armazenadas em sacos plásticos devidamente etiquetados contendo a respectiva substância fixadora. A formalina foi diluída em água do mar para evitar desbalanceamentos osmóticos nos organismos. Em laboratório, as amostras contendo formalina ou álcool foram novamente lavadas, para remoção da substância fixadora, e triadas com auxílio de microscópio estereoscópico. As amostras fixadas em formalina 10% foram lavadas em uma capela, utilizando-se todo o EPI de segurança necessário (máscara, óculos, luvas). Os espécimes encontrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível.

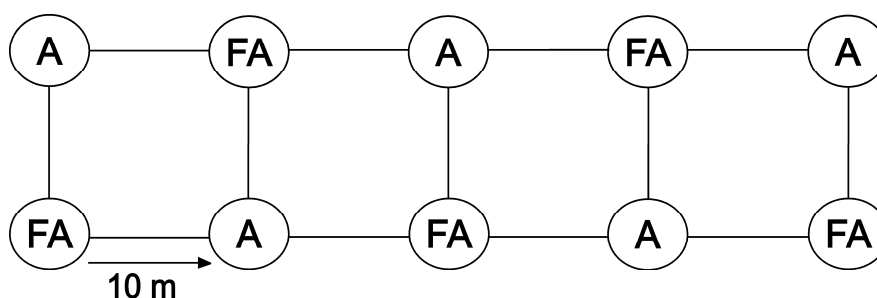


Figura 2. Esquema do delineamento sistemático aplicado em cada área amostrada ($n = 3$ cores). Abreviações: A = álcool e FA = formalina e álcool.

Análise dos dados

Foram testados os efeitos dos procedimentos de preservação no número de táxons e de indivíduos das assembléias macrofaunais, bem como sobre o número de táxons e de indivíduos das assembléias de poliquetas. Para tal foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) com três fatores (*software* GMAV5): tipo de preservação (fixo e ortogonal com dois níveis: álcool e formalina+álcool), tipo de substrato (fixo e ortogonal com dois níveis: areia e lama) e pontos (randômico e hierárquico com cinco níveis). Os dados foram analisados quanto à homogeneidade das variâncias através do Teste de Cochran. Foi utilizado o teste de comparações múltiplas *a posteriori* Student Newman-Keuls (SNK) para avaliar diferenças significativas encontradas. O valor do alfa foi corrigido com o método de Bonferroni ($\alpha=0,025$) para reduzir as chances de incorrer no Erro Tipo I. Adicionalmente, para testar o efeito dos procedimentos de preservação nos padrões multivariados foi utilizada a Análise de Variância Multivariada não paramétrica, denominada PERMANOVA (*software* Permanova 6). Tal procedimento utiliza métodos permutacionais para calcular os valores de “ p ”, sendo considerado uma boa alternativa para os problemas inerentes da MANOVA tradicional, a qual apresenta premissas como multinormalidade (Anderson, 2001).

Foi realizada a técnica de ordenação Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) (*software* PRIMER 6) para ordenar os pontos de amostragem através de matrizes de similaridade (distância de Bray-Curtis) da estrutura das assembléias de organismos (dados não padronizados e não transformados). Tal técnica foi utilizada com o intuito de visualizar possíveis formações de grupos em função do tipo de preservação utilizado. Foi utilizado o procedimento ‘*dummy*’, que

consiste na adição de determinado valor (e.g. 1) em toda a matriz para incluir amostras que não apresentaram espécimes coletados.

Para analisar a razão custo-benefício dos procedimentos foi primeiramente calculada a precisão (p) das estimativas do número de indivíduos (três amostras de *corer* somadas para cada ponto de amostragem), a partir da seguinte fórmula:

$$p = SE / \bar{X} \\ = (s / \sqrt{n}) / \bar{X}$$

no qual, SE é o erro padrão estimado a partir do desvio padrão (s) para determinado tamanho amostral (n), e (\bar{X}) é a média amostral. Precisão está inversamente relacionada aos valores da razão utilizada, sendo maior quando SE é pequeno relativo à média e menor quando o valor da razão aumenta (Andrew & Mapstone, 1987). Assim, o tratamento analisado (i.e. procedimento de preservação) com menor valor calculado fornece estimativas mais precisas. Tratando-se do presente trabalho, o n foi o número de pontos de amostragem para cada procedimento de preservação em cada tipo de substrato ($n = 5$) e a média e desvio padrão foram calculados a partir da soma das abundâncias para cada ponto.

Para calcular o custo total (C_t) de cada procedimento, o custo de cada unidade amostral (i.e. ponto de amostragem para determinado procedimento em cada área estudada) foi multiplicado pelo total número de unidades, sendo somado pelos custos adicionais:

$$C_t = n.C_u + C_a$$

no qual, n é o número de pontos amostrados para cada procedimento, C_u é o custo para cada unidade amostral, mensurado a partir do tempo médio consumido na lavagem das amostras no laboratório, e C_a são os custos adicionais, assumidos como valor gasto (compra das substâncias) para preservar ou fixar as amostras no campo (Andrew & Mapstone, 1987). O tempo consumido na lavagem das amostras foi convertido em valor monetário, a partir do valor do honorário estipulado pelo Conselho Federal de Biologia (CFBio), que é de R\$60,00 para profissionais com mestrado. Depois de calculados a precisão e o custo de cada procedimento, foi calculada a razão custo-benefício (CB) dividindo-se o custo total pela precisão:

$$CB = \frac{\left(\frac{C_t}{1 - p} \right)}{1000}$$

no qual, C_t é o custo total e p a precisão. Os valores são divididos por 1000 para reduzir a escala do valor calculado. Quanto menor o custo e maior a precisão, menor será o valor calculado e, conseqüentemente, melhor a razão custo-benefício do tratamento analisado.

RESULTADOS

Macrofauna bentônica

Foi coletado um total de 1968 indivíduos (131 em Inema e 1837 na Ribeira), compreendendo 119 táxons (48 em Inema e 82 na Ribeira) pertencentes a oito filos (Apêndice). O filo mais representativo em termos de número de táxons foi Polychaeta (39%), seguido por Mollusca (28%) e Crustacea (28%). Foram observados também espécimes pertencentes aos grupos Nemertea, Sipuncula, Echinodermata e Cephalochordata. Os poliquetas foram os organismos mais abundantes (46% do número total de indivíduos), seguidos por Sipuncula (25%). Os táxons mais abundantes foram Sipuncula Morf. 1 (25%) e *Exogone* sp. (14,3%), seguidas de *Branchiostoma* sp. (12,5%) e Orbiniidae Morf. 2 (8,4%).

Procedimentos de preservação

As amostras preservadas com álcool 70% foram compostas por um total de 795 indivíduos e 80 táxons, enquanto aquelas fixadas com formalina 10% por 1.173 indivíduos e 94 táxons. Apesar desta diferença numérica, Polychaeta foi o grupo mais abundante para os dois procedimentos de preservação, seguido por Mollusca e Crustacea, ou seja, os padrões de dominância entre grupos foram os mesmos para os dois métodos (Fig. 3).

A ANOVA revelou diferenças significativas somente entre substratos e pontos ($p < 0,01$) para o número de táxons e de indivíduos de toda assembléia macrofaunal (Tab. 1). A diferença entre substratos se deve ao fato da Ribeira (arenoso) apresentar número maior de táxons e de indivíduos que Inema (lamoso). Em relação aos pontos de amostragem, foi observado que um ponto na Ribeira apresentou valores elevados no número de indivíduos dos táxons mais abundantes, bem como

maior número de táxons. Na análise de variância realizada com as assembléias de poliquetas foram observadas diferenças significativas entre os procedimentos de preservação no número de indivíduos ($p < 0,025$). Entretanto, esta diferença foi somente observada so substrato arenoso. Assembléias fixadas com formalina 10% possuíam maior número de indivíduos que as somente preservadas em álcool 70%. Também foram observadas diferenças significativas entre substratos e pontos ($p < 0,01$) para abundância e número de táxons (Tab. 1).

Na análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) foram observadas diferenças significativas somente entre substratos ($p < 0,01$), tanto para as assembléias macrofaunais quanto para as assembléias de poliquetas (Tab. 2). Tal diferença se deve ao mesmo observado nos testes univariados, no qual a Ribeira apresentou número maior de táxons e de indivíduos que a Inema. Nas ordenações nMDS ($stress = 0,11$) não foi observada clara separação entre os tratamentos (álcool e formalina), apesar dos pontos tratados com formalina se apresentarem mais próximos uns dos outros (Fig. 4). Devido à grande diferença na composição faunística entre as assembléias de lama (Inema) e areia (Ribeira), foram realizadas ordenações separadas para cada local.

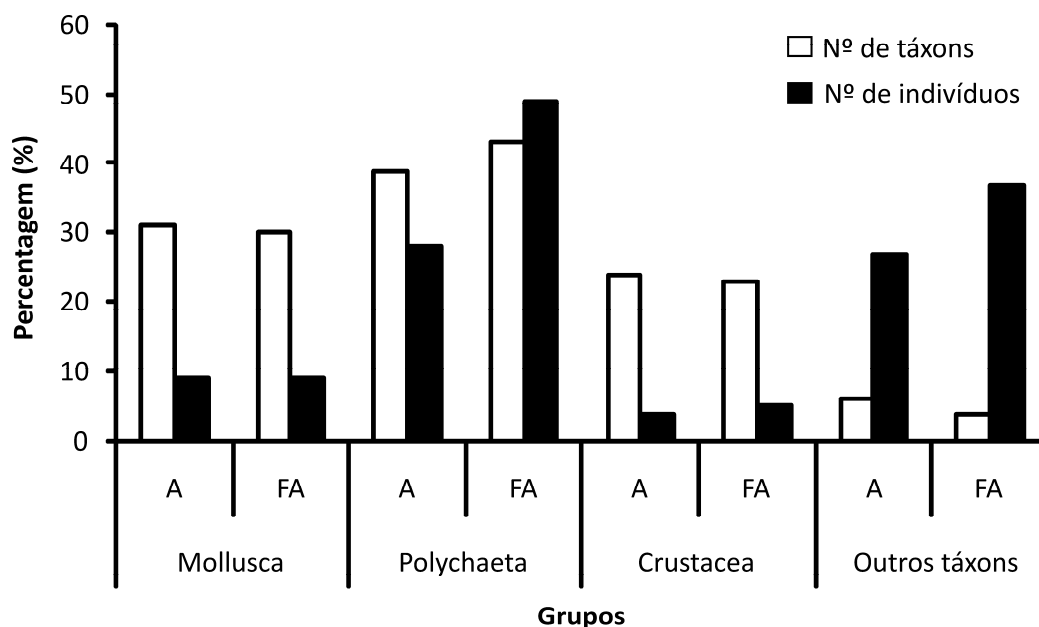


Figura 3. Número de táxons e de indivíduos dos grupos coletados em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil), preservados com álcool 70% ou fixados com formalina 10%. Abreviações: A = álcool e FA = formalina e álcool.

Tabela 1. Resultado da ANOVA analisando o número de táxons e de indivíduos das assembléias macrofaunais e das assembléias de poliquetas coletadas em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: * diferença significativa para $\alpha = 0,025$; NS = não significativo; GL = graus de liberdade; MQ = média dos quadrados.

Fatores	GL	MQ	F	<i>p</i>	MQ	F	<i>p</i>
MACROFAUNA							
		<u>Nº de indivíduos</u>			<u>Nº de táxons</u>		
Preservação (Pr)	1	2356,27	4,26	0,0555 NS	25,35	2,65	0,1234 NS
Substrato (S)	1	48507,27	87,77	0,0001 *	1848,15	192,85	0,0001 *
Pontos (Pr x S)	16	552,66	8,53	0,0001 *	9,58	2,53	0,0087 *
Pr x S	1	1749,60	3,17	0,0942 NS	0,82	0,09	0,7741 NS
Resíduo	40	64,77			3,78		
POLIQUETAS							
		<u>Nº de indivíduos</u>			<u>Nº de táxons</u>		
Preservação (Pr)	1	1058,40	7,16	0,0166 *	19,27	2,57	0,1281 NS
Substrato (S)	1	10454,40	70,72	0,0001 *	589,07	78,72	0,0001 *
Pontos (Pr x S)	16	147,82	4,62	0,0001 *	7,48	3,40	0,0001 *
Pr x S	1	777,60	5,26	0,0357 NS	0,27	0,04	0,8526 NS
Resíduo	40	31,98			2,20		

Tabela 2. Resultado da PERMANOVA analisando as assembléias macrofaunais e as assembléias de poliquetas coletadas em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: * diferença significativa para $\alpha = 0,025$; NS = não significativo; GL = graus de liberdade; MQ = média dos quadrados; $p(\text{perm})$ = valor de p permutado; $p(\text{MC})$ = valor de p do Monte Carlo.

Fatores	GL	MQ	F	<i>p</i> (perm)	<i>p</i> (MC)
MACROFAUNA					
Preservação (Pr)	1	4598,62	1,58	0,1793 NS	0,1238 NS
Substrato (S)	1	72874,61	2,10	0,0001 *	0,0001 *
Pontos (Pr x S)	16	2903,83	1,20	0,1022 NS	0,1144 NS
Pr x S	1	4484,29	1,54	0,1814 NS	0,1335 NS
Resíduo	40	2426,04			
POLIQUETAS					
Preservação (Pr)	1	5218,38	1,71	0,1683 NS	0,1159 NS
Substrato (S)	1	71914,60	23,60	0,0001 *	0,0001 *
Pontos (Pr x S)	16	3046,89	1,30	0,0502 NS	0,0545 NS
Pr x S	1	5420,79	1,78	0,1654 NS	0,1005 NS
Resíduo	40	2344,74			

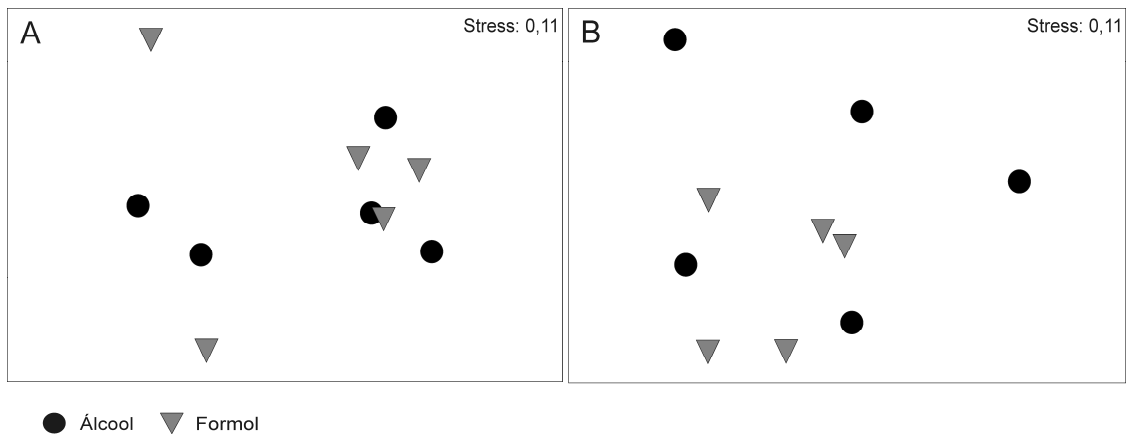


Figura 4. Ordenações nMDS das assembléias macrofaunais coletadas na Ribeira (A), de substrato arenoso, e em Inema (B), de substrato lamoso, preservadas com álcool 70% ou fixadas com formalina 10%.

Análise custo-benefício

Foram realizadas análises separadas do custo-benefício para cada substrato devido à grande diferença na estrutura faunística. Foi eliminado da análise um ponto de amostragem da Ribeira em que foi utilizada a formalina, visto que neste foram encontrados valores dissimilares de número de táxons e de indivíduos em comparação com os demais pontos (vide resultado da ANOVA). Amostras preservadas em formalina apresentaram maior precisão (0,14) que as de álcool (0,19) em Inema e menor (0,06) que as de álcool (0,04) na Ribeira. O tempo de lavagem das amostras em laboratório variou entre 3 e 18 minutos. Amostras contendo formalina consumiram maior tempo de lavagem no laboratório que aquelas fixadas com álcool, consumindo em média (considerando os dois substratos) 25 minutos (± 6) e 23 minutos (± 5), respectivamente. Em termos de custos adicionais, o preço de um litro de álcool 96°GL é cerca de R\$2,80 e com cada litro é possível fabricar aproximadamente 1,5 litros de álcool 70%. Já o preço do litro de formol 37% é cerca de R\$3,50 e com cada litro é possível fabricar aproximadamente 10 litros de formalina 10%. Considerando que com um litro de tais substâncias é possível preservar duas amostras de sedimento coletadas com *corer*, o custo total calculado para o formol foi menor que do álcool. O cálculo da razão custo-benefício revelou um menor valor para amostras fixadas com formalina para os dois locais (Fig. 5), demonstrando que seu uso confere o melhor balanço entre precisão e custo. Isto associado ao fato que amostras fixadas em formalina 10% aparentemente preservam melhor os invertebrados bentônicos, especialmente poliquetas, seu uso parece representar a melhor razão custo-benefício.

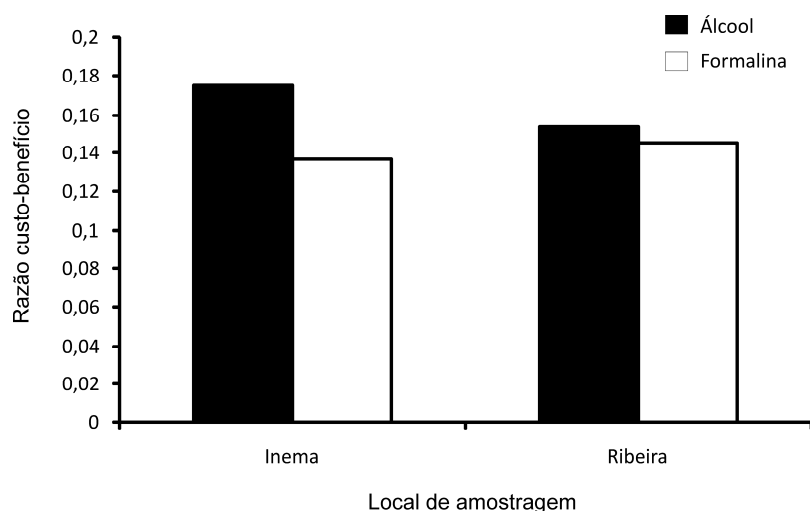


Figura 5. Razão custo-benefício dos métodos de preservação analisados em Inema e na Ribeira, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil).

DISCUSSÃO

Até o momento, estudos que avaliaram o efeito dos diferentes procedimentos de preservação da amostra biológica têm focado essencialmente nas alterações nos valores de estimativa de biomassa. Contudo, há grande contradição nesses estudos, com aqueles que não recomendam o uso do álcool 70% por perder mais peso do que espécimes preservados com formalina e outros estudos que não confirmam esta observação (ver Wetzel et al., 2005). Assim como alguns trabalhos não encontraram diferenças entre o uso de formalina e álcool na biomassa de assembléias (Gaston et al., 1996) e/ou algumas espécies bentônicas (Von Schiller & Solimini, 2005; Wetzel et al., 2005), também não foram encontradas no presente estudo diferenças significativas nos padrões quantitativos analisados (uni e multivariados) para assembléias macrofaunais.

Outro aspecto avaliado nos estudos sobre estimativa de biomassa é o efeito da substância preservativa em função do tempo de exposição da amostra. Alguns pesquisadores têm observado que há maior perda de peso dos espécimes nas primeiras semanas e não há diferença entre amostras mantidas em formalina ou em álcool (e.g. Gaston et al., 1996; Wetzel et al., 2005). Partindo de tais resultados, não foram avaliados aqui os efeitos do tempo de armazenagem nos padrões quantitativos analisados.

Assim como para grande parte dos grupos zoológicos, é sugerida a fixação em formalina 5-10% para Polychaeta, Mollusca e Crustacea, grupos mais abundantes da macrofauna de substratos não consolidados (Lincoln & Sheals, 1979). No presente trabalho, foi observado que poliquetas fixados com formalina

10% apresentam melhor grau de conservação (mais rígidos e estruturas intactas) do que aqueles somente preservados com álcool 70% (muitos com aspecto pastoso). Por isso, animais coletados para armazenagem em museus são geralmente fixados em formalina (Wetzel et al, 2005). Provavelmente este efeito teve influência nas diferenças significativas no número de poliquetas entre os procedimentos de preservação, ocorrendo mais indivíduos em amostras fixadas com formol. Tal diferença foi somente observada no local de substrato arenoso (Ribeira), possivelmente devido ao número reduzido de espécimes coletados no substrato lamoso. Ambientes lamosos apresentam a transição para a zona anóxica a poucos centímetros da superfície, o que restringe a distribuição de algumas espécies bentônicas (Lenihan & Micheli, 2001; Gray & Elliot, 2009). Tal característica pode estar associada ao menor número de espécimes registrados em Inema.

Poliquetas, assim como outros táxons de corpo relativamente frágil (e.g. nemertíneos) são mais suscetíveis a deformações nas estruturas morfológicas após procedimentos de preservação (Lincoln & Sheals, 1979). No estudo realizado por Costa-Paiva et al. (2007) foram analisados os efeitos da anestesia e fixação em alguns caracteres morfológicos do poliqueta sabelídeo *Branchiomma luctuosum* e foi observado que menores deformações são obtidas com a anestesia em água doce ou preservação direta em álcool 70% ou 100%. Isto difere do observado no presente estudo, pois muitos poliquetas em melhor estado de conservação foram observados quando utilizada a fixação em formalina. Contudo, Costa-Paiva et al. (2007) ressaltou que animais de corpo relativamente frágil são diferentemente afetados pelos procedimentos de preservação. Neste contexto, é interessante para trabalhos futuros avaliar os efeitos dos procedimentos de preservação nos caracteres morfológicos de diferentes espécies de grupos como Polychaeta.

A anestesia é um procedimento anterior à fixação, principalmente utilizada em animais altamente contrácteis, sendo realizada geralmente em um curto período de tempo para os animais ficarem em condições relaxadas até serem mortos ou ficarem anestesiados (Lincoln & Sheals, 1979). Não foi utilizado este procedimento visto que o mesmo caracteriza uma maior demanda de tempo no campo e por não ser amplamente utilizado em estudos de assembléias macrofaunais. Além disso, pode ser que o uso da anestesia apenas melhorasse o resultado dos métodos de preservação utilizados, não sendo de grande ajuda na diferenciação entre estes. Por outro lado, a anestesia poderia melhorar o resultado de apenas um dos procedimentos, o que indica que não é claro exatamente qual o seu efeito nessa

combinação. Entretanto, tal procedimento é mais utilizado em estudos de específicos grupos taxonômicos, como poliquetas, ou estudos populacionais.

Em relação ao custo-benefício dos procedimentos de preservação, a análise separada para cada local e a eliminação de um ponto de amostragem para formalina está relacionada com a influência das diferenças dos padrões espaciais na precisão. De acordo com Andrew e Mapstone (1987), a precisão diminui com o aumento da variância, sendo esta uma característica do procedimento de amostragem, além de um reflexo de algumas características da população sendo amostrada (e.g. o ponto discrepante tratado com formalina). Sem a eliminação deste ponto dissimilar, o álcool passava a ter melhor razão custo-benefício devido à grande diminuição da precisão para amostras fixadas com formalina (quatro vezes menos preciso). Ao não considerar este efeito do arranjo espacial, estaríamos inferindo erroneamente sobre o preferível uso do álcool. Foi observado que o álcool, apesar de demandar menor tempo de lavagem da amostra, tem maior preço de aquisição. Assim, partindo da melhor razão custo-benefício calculada e aparente melhor preservação dos invertebrados bentônicos, especialmente poliquetas, amostras fixadas em formalina 10% parecem representar o melhor balanço entre precisão e custo. Entretanto, vale ressaltar que esta diferença no custo-benefício entre os dois procedimentos foi pequena, o que não descarta totalmente o uso do álcool sem fixação prévia.

Apesar da melhor razão custo-benefício aqui atestada para amostras fixadas com formalina, uma diferente perspectiva pode ser obtida se considerarmos custos adicionais pelo aumento nos requerimentos de segurança (máscaras, luvas, respirador) e cuidados no descarte da substância. Há certa insatisfação e preocupação com o uso desta substância devido aos riscos iminentes à saúde e ao ambiente, principalmente em estudos realizados com zooplâncton (e.g. Black & Dodson, 2003). Vapores da formalina têm efeitos irritantes em membranas de mucosas e o contato com a pele resulta em dermatites (OSHA, 2006). Além disso, estudos realizados por Coggon et al. (2003) e Bosetti et al. (2008) tem avaliado o risco de câncer em trabalhadores expostos à formalina (ou formaldeído). Adicionalmente, o uso da formalina não é adequado se a determinação molecular de espécimes utilizando amostras de DNA é desejada. Embora tais características negativas quanto ao uso do formalina sejam importantes e devam ser consideradas, sua inclusão na análise da razão custo-benefício se torna subjetiva, sendo difícil atribuir um custo a este problemas e gerar um valor calculado. Assim, apesar destes

problemas, se o manuseio de amostras contendo formalina for realizado de forma adequada é preferível seu uso como substância fixadora.

CONCLUSÃO

Estudos que investigam diferentes métodos de preservação não são tão freqüentes quanto aqueles que avaliam outros aspectos metodológicos (e.g. tipo de amostrador, tamanho de malha e resolução taxonômica). Estudos até então realizados apresentaram resultados contraditórios, mostrando a necessidade de um melhor direcionamento na análise deste aspecto. Avaliações dos efeitos das substâncias preservativas nas estimativas de biomassa são bastante exploradas, porém avaliações nos dados quantitativos são aparentemente ausentes, sendo este talvez um estudo pioneiro nesse aspecto. No presente estudo não observamos diferenças significativas entre os métodos de preservação para assembléias macrofaunais, embora os valores observados (número de táxons e de indivíduos) fossem maiores em amostras fixadas com formalina 10%. Polychaeta foi o grupo mais afetado pelos diferentes procedimentos, apresentando abundâncias significativamente maiores com a fixação em formalina. Efeitos morfológicos foram grosseiramente visualizados para este grupo, o que reforça a necessidade de estudos que avaliem diretamente a influência das substâncias preservativas nos caracteres morfológicos de diferentes espécies e/ou grupos. Por fim, apesar do risco à saúde, se o manuseio das amostras for realizado de modo cuidadoso e adequado, o uso da formalina 10% como substância fixadora pode representar a melhor razão custo-benefício.

REFERÊNCIAS

Anderson, M. J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.

Andrew, N. L. & B. D. Mapstone, 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 25: 39-90.

Black, A. R. & S. I. Dodson, 2003. Ethanol: a better preservation technique for *Daphnia*. *Limnology and Oceanography: Methods* 1: 45-50.

- Bosetti, C., J. K. Maclaughlin, R. E. Tarone, E. Pira & C. La Vecchia, 2008. Formaldehyde and cancer risk: a quantitative review of cohort studies through 2006. *Annals of Oncology* 19: 24-43.
- Cirano, M. & G. C. Lessa, 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica* 25(4): 363-387.
- Coggon, D., E. C. Harris, J. Poole & K. T. Palmer, 2003. Extended follow-up of a cohort of british chemical workers exposed to formaldehyde. *Journal of the National Cancer Institute* 95(21): 1608-1615.
- Costa-Paiva, E. M., P. C. Paiva & M. Klautau, 2007. Anaesthetization and fixation effects on the morphology of sabellid polychaetes (Annelida: Polychaeta: Sabellidae). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 1127-1132.
- Eleftheriou, A. & D. C. Moore, 2005. Macrofauna techniques. In Eleftheriou, A. & A. Mcintyre (eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed.: 160-228.
- Gaston, G. R., J. H. W. Bartlett, A. P. Mcallister & R. W. Heard, 1996. Biomass variations of estuarine macrobenthos preserved in ethanol and formalin. *Estuaries* 19(3): 674-679.
- Gray, J. S. & M. Elliot, 2009. *The ecology of marine sediments – from science to management*. Oxford University Press, 2 ed., 241 p.
- Lenihan, H. S. & F. MICHELI, 2001. Soft-sediment communities (Chapter 10), p. 253-287. In Bertness, M. D., S. D. GAINES & M. E. HAY (eds), *Marine community ecology*. Sinauer Associates Inc., 550 p.
- Lincoln, R. J. & J. G. SHEALS, 1979. *Invertebrate animals: Collection and preservation*. Cambridge University Press, London, 150 p.
- OSHA - Occupational Safety and Health Administration. 2006. Regulations (Standards - 29 CFR) - Substance technical guidelines for formalin. Disponível em: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10076>.
- Von Schiller, D. & A. G. Solimini, 2005. Differential effects of preservation on the estimation of biomass of two common mayfly species. *Archives of Hydrobiology* 164(3): 325-334.

Wetzel, M. A., H. Leuchs & J. H. E. Koop, 2005. Preservation effects on wet weight, dry weight, and ash-free dry weight biomass estimates of four common estuarine macro-invertebrates: no difference between ethanol and formalin. *Helgoland Marine Research* 59: 206-213.

APÊNDICE – Táxons amostrados em Inema (sedimento lamoso) e na Ribeira (sedimento arenoso), Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil), preservados com álcool 70% ou fixados com formalina 10%.

TÁXONS	INEMA		RIBEIRA	
	Álcool	Formalina	Álcool	Formalina
Nemertea				
Morfotipo 1	--	3	--	--
Morfotipo 2	1	1	--	--
Morfotipo 3	--	--	1	--
Mollusca				
<i>Acteocina bullata</i>	4	3	--	--
<i>Bulla striata</i>	--	--	--	1
<i>Caecum achironum</i>	--	--	35	25
<i>Caecum cf antillarum</i>	--	--	6	11
<i>Caecum sp.</i>	--	--	7	4
<i>Olivella nívea</i>	--	--	1	2
<i>Olivella minuta</i>	2	11	--	--
Cassidae Morf. 1	1	--	--	--
<i>Macoma constricta</i>	--	1	--	--
<i>Ervilia concentrica</i>	--	--	--	1
<i>Limopsis janeiroensis</i>	--	1	--	--
<i>Nuculana acuta</i>	2	1	--	--
<i>Corbula caribaea</i>	--	--	6	5
<i>Corbula cubaniana</i>	--	--	9	7
<i>Corbula lyoni</i>	1	--	5	2
<i>Crassinella lunulata</i>	--	--	--	1
<i>Chione sp.</i>	--	--	--	1
<i>Pitar fulminatus</i>	--	--	1	2
<i>Semele nuculoides</i>	--	--	2	1
<i>Semele bellastrata</i>	--	--	1	--
<i>Tellina radiata</i>	6	3	--	1
<i>Tellina nitens</i>	3	3	--	--
<i>Tellina gouldii</i>	--	--	1	--
<i>Transenella cubaniana</i>	--	--	1	5
<i>Diplodonta nucleiformes</i>	--	--	2	2
<i>Diplodonta patagonica</i>	--	1	--	--
Lucinidae Morf. 1	--	--	1	--
Nuculidae Morf. 1	2	1	--	--
Tellinidae Morf. 1	1	--	1	--
Tellinidae Morf. 2	--	3	--	--
Vitrinellidae Morf. 1	--	--	1	--
Bivalve Morf. 1	--	1	--	--
Bivalve Morf. 2	1	--	--	--
Polychaeta				
<i>Armandia sp.</i>	--	--	--	1
<i>Aphelochaeta sp.</i>	1	2	--	--
Capitellidae Morf. 1	--	--	2	5
Capitellidae Morf. 2	--	--	10	13
<i>Cauleriella sp.</i>	--	--	2	8
Chaetopteridae Morf. 1	--	--	1	--
<i>Cirriiformia sp.</i>	--	--	4	--
<i>Dorvillea sp.</i>	--	--	--	1
<i>Exogone sp.</i>	1	--	94	187
<i>Glycera brevicirris</i>	--	--	1	--
Goniadidae Morf. 1	--	--	16	15
Goniadidae Morf. 2	--	--	--	1
Lumbrineridae Morf. 1	--	--	1	2
<i>Lumbrineris sp.</i>	6	10	--	--
<i>Monticellina sp. 1</i>	1	1	--	--
<i>Monticellina sp. 2</i>	--	2	--	--
Nephtyidae Morf. 1	--	1	--	--
Maldanidae Morf. 1	--	--	1	--
<i>Mooreonuphis lineata</i>	--	--	12	10
<i>Nematonereis unicornis</i>	--	--	28	30
<i>Nereis riisei</i>	--	--	--	1
Onuphidae Morf. 1	--	--	5	6
Orbiniidae Morf. 1	2	--	--	--
Orbiniidae Morf. 2	--	--	62	104
Paraonidae Morf. 1	--	4	--	--
Paraonidae Morf. 2	--	--	--	1

TÁXONS	INEMA		RIBEIRA	
	Álcool	Formalina	Álcool	Formalina
Polychaeta				
<i>Paraprionospio</i> sp.	4	9	--	--
Polynoidae Morf. 1	--	1	--	--
Polynoidae Morf. 2	1	--	--	--
<i>Polydora</i> sp.	--	--	--	1
<i>Protoaricia</i> sp.	--	--	--	6
<i>Scolecopsis</i> sp.	--	--	--	3
<i>Scoloplos</i> sp.	--	1	27	49
Spionidae Morf. 1	4	1	--	--
Spionidae Morf. 2	--	2	--	--
Spionidae Morf. 3	--	--	1	10
Spionidae Morf. 4	--	--	1	2
Sigalionidae Morf. 1	--	1	--	--
Syllidae Morf. 1	--	1	1	1
Syllidae Morf. 2	--	--	23	39
Syllidae Morf. 3	--	--	--	14
Syllidae Morf. 4	--	--	6	21
Terebellidae Morf. 1	--	--	2	4
Terebellidae Morf. 2	--	--	1	--
Terebellidae Morf. 3	--	--	4	5
<i>Timarete</i> sp.	--	--	--	1
Trichobranchidae Morf. 1	--	2	3	1
Crustacea				
Ostracoda Morf. 1	1	--	--	22
Copepoda Morf. 1	1	--	--	1
Cumacea Morf. 1	1	--	--	--
Cumacea Morf. 2	--	--	1	1
<i>Amakusanthura</i> sp.	--	--	1	--
<i>Apanthura</i> sp.	--	--	1	--
<i>Haliophasma</i> sp.	--	--	--	1
<i>Quantanthurus brasiliensis</i>	--	--	--	2
<i>Quantanthurus menziesi</i>	--	--	1	--
<i>Quantanthurus</i> sp.	--	--	1	--
<i>Rocinela signata</i>	--	--	1	--
<i>Neohyssura</i> sp.	1	--	--	--
Janiridae Morf. 1	--	--	--	1
Isopoda Morf. 1	--	--	--	1
Amphipoda Morf. 1	1	1	--	--
Amphipoda Morf. 2	--	1	--	--
Amphipoda Morf. 3	--	1	--	--
Amphipoda Morf. 4	--	--	6	4
Amphipoda Morf. 5	--	--	2	2
Amphipoda Morf. 6	--	--	--	1
Tanaidacea Morf. 1	1	--	--	1
Mysidacea Morf. 1	1	--	--	--
<i>Alpheus chacei</i>	--	1	--	--
<i>Alpheus cf. floridanus</i>	--	1	--	--
<i>Leptalpheus</i> sp.	--	--	1	--
Dendrobranchiata Morf. 1	--	1	--	2
Dendrobranchiata Morf. 2	1	--	3	--
Dendrobranchiata Morf. 3	--	1	--	--
<i>Upogebia omissa</i>	--	--	20	14
<i>Euryplax nitida</i>	--	--	--	1
<i>Pinnixa cf. sayana</i>	--	--	--	1
Xanthidae Morf. 1	--	--	1	--
Brachyura Morf. 1	--	1	--	--
Sipuncula				
Morphotype 1	--	--	194	299
Echinodermata				
<i>Amphipholis januarii</i>	--	--	1	--
Cephalochordata				
<i>Branchiostoma</i> sp.	--	--	120	127
Nº DE INDIVÍDUOS	52	79	743	1094
Nº DE TÁXONS	27	35	56	62

ANÁLISE DE DIFERENTES MÉTODOS DE COLETA EM SISTEMAS BENTÔNICOS ESTUARINOS: AMOSTRADOR, TAMANHO DE MALHA E RESOLUÇÃO TAXONÔMICA

Análise de diferentes métodos de coleta em sistemas bentônicos estuarinos: amostrador, tamanho de malha e resolução taxonômica

Souza^{*}, G. B. G.; Barros, F.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Laboratório de Ecologia Bentônica, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, 40170-290, Brasil.

** Autor correspondente: gabrielbbarros@gmail.com*

RESUMO

O uso de experimentos multifatoriais ao avaliar a razão custo-benefício na amostragem bentônica é escasso. Além disso, ainda não é claro o efeito dos diferentes aspectos metodológicos na detecção de padrões espaciais. Assim, o objetivo do presente trabalho foi investigar o efeito combinado do uso de diferentes amostradores, tamanhos de malha e resolução taxonômica na descrição do padrão espacial de assembléias bentônicas ao longo de um gradiente estuarino, bem como avaliar a razão custo-benefício. Foram empregadas seis combinações metodológicas (amostrador: van Veen ou *corer*; malha: 0,5 mm, 0,7 mm ou 1,0 mm) em 11 pontos de amostragem distribuídos em um sistema estuarino tropical. Para padronizar o tamanho amostral, amostras de *corer* foram compostas por três réplicas, enquanto foi coletada uma simples amostra com van Veen. O tempo consumido na triagem das amostras foi registrado. O van Veen capturou 1.219 indivíduos e 59 táxons, enquanto o *corer* capturou 967 indivíduos e 53 táxons. Em relação aos tamanhos de malha, foi observado um decréscimo no número de indivíduos retidos e do tempo consumido na triagem à medida que se aumentava o tamanho da abertura. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os métodos analisados (amostrador e malha). Coeficientes de correlação de Spearman mostraram que há pouca perda de informação agregando os dados aos níveis de gênero e família, mas o padrão espacial tornou-se menos claro nos níveis taxonômicos maiores. Amostras tratadas com malha de 0,5 mm e 0,7 mm apresentaram padrão semelhante, o qual se diferenciou mais com o uso da malha de 1,0 mm. Por sua vez, o uso dos diferentes amostradores causou certa diferença nos padrões observados. O cálculo da razão custo-benefício revelou que a combinação que resultou no melhor balanço entre precisão e custo foi 'van Veen + 1,0 mm + família'.

Palavras-chave: macrofauna bentônica, fundo mole, estuários, métodos de coleta, custo-benefício

ABSTRACT

The use of multifactorial experiments to evaluate the cost-benefit in benthic sampling is sparse. Moreover, it is not clear how the different methodological issues affect the detection of spatial patterns. The present study investigated the combined effect of using different samplers, mesh sizes and taxonomic resolution in the description of spatial pattern of benthic assemblages along an estuarine gradient, and assess the cost-benefit ratio. There were six methodological combinations (sampler: van Veen or *corer*; mesh sizes: 0.5 mm, 0.7 mm or 1.0 mm) done in 11 sampling points distributed in a tropical estuarine system. To standardize the sample size, *corer* samples were composed of three replicates, while a single sample was collected with van Veen. The time consumed to sort the samples was recorded. The van Veen captured 1219 individuals and 59 taxa, while the *corer* captured 967 individuals and 53 taxa. In relation to the mesh sizes, there was a decrease in the number of specimens retained and the time consumed to sort samples as increased the mesh size. However, no significant differences were observed among the analyzed methods (sampler and mesh size). Spearman rank correlation coefficients showed that there is little information loss when aggregating data in genus and family taxonomic levels, but the spatial pattern became less clear at higher taxonomic levels. Samples treated with 0.5 mm and 0.7 mm mesh size showed similar patterns and little different from those observed with the 1.0 mm mesh. The different samplers also caused some differences in the observed patterns. The cost-benefit ratio revealed that the combination that resulted in the best balance between precision and cost was the van Veen grab, sieving with 1.0 mm mesh and at family level.

Key-words: benthic macrofauna, soft bottom, estuaries, sampling methods, cost-benefit

1. INTRODUÇÃO

Avaliar a razão custo-benefício dos métodos empregados em pesquisas científicas é de extrema importância para otimização do trabalho (Andrew & Mapstone, 1987). Afinal, é sempre interessante utilizar métodos mais baratos, que demandam menor esforço, mas que mantenham uma boa confiabilidade nos resultados obtidos. Nesse sentido, diversos estudos vêm sendo realizados nas mais diversas áreas do conhecimento (e.g. Wildish et al., 2001; Carlson e Schmiegelow, 2002; Laska et al., 2002; Heitjan e Li, 2004; Santos et al., 2008), inclusive em ecologia bentônica (Ferraro et al., 1989; Ferraro et al., 1994; Carey e Keough, 2002; Thompson et al., 2003; Ferraro e Cole, 2004; Lampadariou et al., 2005; Ferraro et al., 2006).

Estudos em ambientes bentônicos não consolidados são altamente dispendiosos por consumirem muito tempo de coleta e, principalmente, de laboratório (Carey e Keough, 2002). Além da aquisição de grandes volumes de amostra, é requerido extenso conhecimento taxonômico e habilidade de identificação, o que nem sempre é possível (Maurer, 2000). Assim, é extremamente necessário que bentólogos tentem otimizar as etapas metodológicas, buscando ainda assim obter informação de boa qualidade (Andrew e Mapstone, 1987; Downing, 1989; Riddle, 1989). Neste contexto, aspectos como escolha do amostrador (e.g. Smith e Howard, 1972; Dickinson e Carey, 1975; Gage, 1975; Thayer et al., 1975; Elliot e Drake, 1981; Stoner et al., 1983; Somerfield e Clarke, 1997; Lampadariou et al., 2005; Boyd et al., 2006; Aguado-Giménez et al., 2007), tamanho de malha (e.g. Reish, 1959; Bishop, 1986; Bachelet, 1990; James et al., 1995; Schlacher e Wooldridge, 1996a, 1996b; Tanaka e Leite, 1998; Gage et al., 2002; Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005; Rodrigues et al., 2007) e resolução taxonômica (e.g. Ellis, 1985; Warwick, 1988; Ferraro e Cole, 1990; Somerfield e Clarke, 1995; Vanderklift et al., 1996; Olsgard et al., 1997; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Maurer, 2000; Olsgard e Somerfield, 2000; Dauvin et al., 2003; Gomez Gesteira et al., 2003; Terlizzi et al., 2003; Guzmán-Alvis e Carrasco, 2005; Lampadariou et al., 2005; Mendes et al., 2007) têm sido discutidos por vários autores. Entretanto, não há consenso quanto ao uso destes em diferentes ocasiões, havendo aspectos que permanecem questionáveis e/ou não esclarecidos (ver Capítulo 1).

Em relação aos amostradores, o pegador de fundo tipo van Veen e o *corer* manual (operado por mergulhadores) são os equipamentos mais utilizados para

estudos bentônicos em baías, estuários e outros ambientes marinhos rasos (Capítulo 1). Várias descrições sobre o desempenho destes dois equipamentos têm sido realizadas (ver Eleftheriou e Moore, 2005), sendo que alguns estudos realizaram comparações diretas entre eles (e.g. Gage, 1975; Riddle, 1989; Lampadariou et al., 2005). Entretanto, apesar das diferenças no desempenho encontradas para estes dois amostradores, não se sabe ainda qual a influência do uso destes na detecção de padrões espaciais em diferentes sistemas bentônicos.

Em estudos do macrobentos os tamanhos de aberturas de malha mais utilizados são 0,5 ou 1,0 mm (Eleftheriou e Moore, 2005), sendo que a escolha da abertura depende dos objetivos do estudo (Bachelet, 1990) e do tipo de sedimento (James et al., 1995). Diferentes estudos realizaram comparações entre as diferentes aberturas, todavia com problema de dependência (*sensu* Hurlbert, 1984) devido ao uso de malhas sobrepostas (e.g. Reish, 1959; Bachelet, 1990; Schlacher e Wooldridge, 1996a, 1996b; Gage et al., 2002; Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005; Rodrigues et al., 2007), com grande parte avaliando as diferenças entre malhas através de análises exploratórias. James et al. (1995), de maneira distinta dos trabalhos anteriormente citados, testou de forma independente o uso das malhas de 0,5 e 1,0 mm. Alguns pesquisadores sugerem que o uso da malha de 1,0 mm causa uma grande perda de organismos que consideram importante para descrição das assembléias (e.g. James et al., 1995; Tanaka e Leite, 1998), enquanto outros sugeriram que essa perda não é significativa, principalmente quando se trata da redução de custos em estudos de monitoramento (e.g. Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005). Alguns estudos sugeriram ainda o uso de malhas com aberturas menores que 0,5 mm, evitando-se assim a perda de representantes juvenis da macrofauna (e.g. Bachelet, 1990; Schlacher e Wooldridge, 1996a, 1996b).

A identificação ao nível de espécie é geralmente utilizada em pesquisas de ecologia bentônica (Capítulo 1). Apesar de ser preferível para estudos da biodiversidade utilizar-se de maior refinamento taxonômico, geralmente em grande parte das áreas do mundo (em especial na região tropical) não é possível identificar todos os táxons ao nível de espécie devido à falta de conhecimento da taxonomia de muitos grupos (Olsgard e Somerfield, 2000; Lampadariou et al., 2005). Nesse sentido, Ellis (1985) introduziu o conceito de suficiência taxonômica, o qual sugere que utilizar níveis taxonômicos maiores pode fornecer informação similar sobre assembléias ou comunidades, poupando tempo e esforços na identificação. Com isto, uma grande discussão foi iniciada, na qual alguns pesquisadores defendem o

uso de níveis taxonômicos maiores (e.g. Warwick, 1988; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Gomez Gesteira et al., 2003), por evidenciar padrões semelhante, enquanto outros chamam atenção para os problemas desta redução na resolução taxonômica (e.g. Maurer, 2000; Terlizzi et al., 2003), especialmente em áreas pouco estudadas (e.g. região tropical e mar profundo).

Em um contexto geral, foram realizados poucos estudos utilizando experimentos multifatoriais ao avaliar a razão custo-benefício na amostragem bentônica. Até o momento, foram analisados conjuntamente o tipo de amostrador e tamanho de malha (Ferraro et al., 1989; Ferraro e Cole, 1992, Ferraro et al., 1994; Ferraro e Cole, 1995), tipo de amostrador e resolução taxonômica (Pagola-Carte et al., 2002), tamanho de malha e resolução taxonômica (James et al., 1995; Thompson et al., 2003) e os três aspectos metodológicos (Lampadariou et al., 2005).

Desta forma, há uma necessidade de estudos que utilizem abordagens com avaliação combinada dos diferentes aspectos metodológicos, a fim de fornecer informações mais detalhadas sobre a razão custo-benefício. Além disso, apesar da variedade de estudos realizados, ainda não é claro o efeito dos diferentes aspectos metodológicos na detecção de padrões espaciais em estuários. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi investigar o efeito combinado do uso de diferentes amostradores, tamanhos de malha e resolução taxonômica no padrão espacial de assembléias bentônicas ao longo de um gradiente estuarino. Adicionalmente, buscou-se avaliar a razão custo-benefício dos diferentes métodos e, para tal, foram analisados os padrões quantitativos observados, relacionando-os com os custos inerentes a cada aspecto metodológico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no Estuário do Rio Subaé, um dos principais tributários da Baía de Todos os Santos (BTS), considerada a segunda maior baía costeira brasileira, com aproximadamente 1.233 km² (Cirano e Lessa, 2007). A BTS apresenta importante riqueza natural, com expressiva extensão de recifes de corais, estuários e manguezais. Entretanto, no seu entorno há hoje um contingente populacional de superior a três milhões de habitantes, além da presença de 10 terminais portuários de grande porte. O Estuário do Rio Subaé é a terceira mais importante fonte de água doce para a BTS, sendo antecedido pelos Rios Paraguaçu

e Jaguaripe (Lessa et al., 2009). Estudos realizados têm observado uma clara tendência de aumento na proporção de sedimentos grossos a montante deste estuário, o que pode refletir maiores velocidades de fluxo em transecções mais estreitas (Barros et al., 2009). Hatje et al. (2006) observaram que o número de táxons e de indivíduos diminui em direção a montante o qual, juntamente com a variação sedimentológica observada, aparentemente caracteriza um padrão existente ao longo deste estuário. Além disso, estes mesmos autores observaram altas concentrações de metais nos sedimentos do Subaé, especialmente a montante. Neste contexto, o gradiente estuarino (ambiente amplamente estudado) foi escolhido para essa análise metodológica devido à sua grande variabilidade ambiental e aos padrões geralmente bem demarcados.

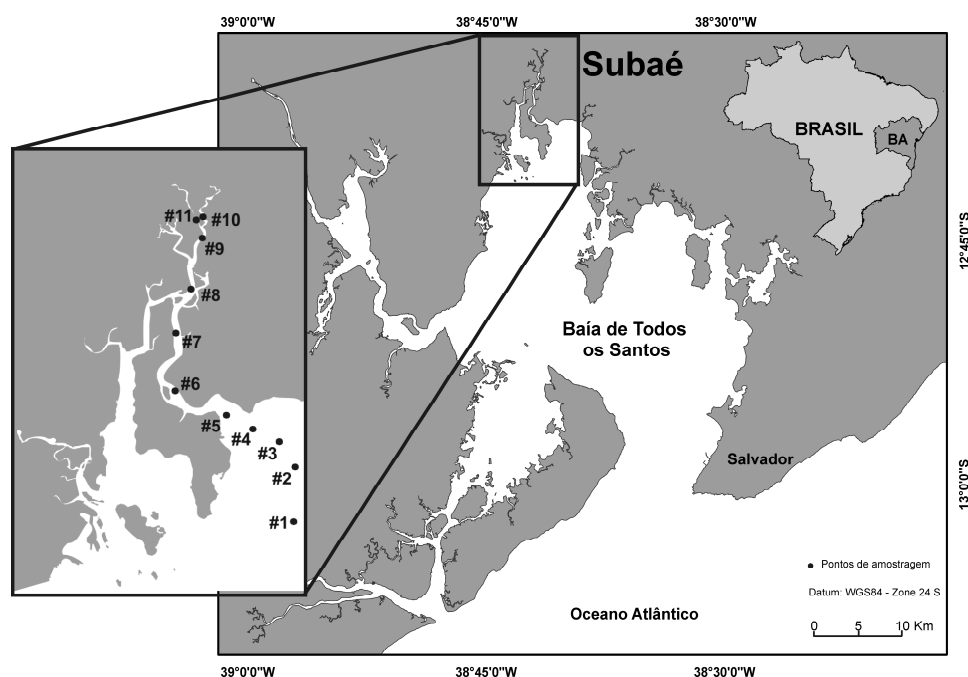


Figura 1. Distribuição dos pontos de amostragem ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia- Brasil).

2.2. Coleta e processamento das amostras

Em dezembro de 2009, foram amostrados 11 pontos na região estuarina do Rio Subaé (Fig. 1). Em cada ponto, foram empregadas seis combinações metodológicas de acordo com os seguintes aspectos: (i) amostradores pegador de fundo tipo van Veen (0,05 m² de área e volume de 3,2 litros) e *corer* manual operado por mergulho autônomo (0,008 m² de área e volume de 1,2 litros); (ii) tamanho da abertura de malha de 0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm (Fig. 2). A malha de 0,7 mm foi

testada neste trabalho tendo como premissa que um valor intermediário no tamanho de malha, em relação aos mais utilizados, possivelmente reteria mais organismos que a malha maior e resultaria em menor tempo gasto na triagem do material do que a malha menor. Foi tomada uma simples amostra utilizando o van Veen e três réplicas utilizando o *corer* (amostra composta), espaçadas aproximadamente um metro uma da outra, para cada combinação ao longo dos pontos de amostragem. Tal procedimento foi adotado com o intuito de minimizar o efeito da diferença entre a área amostrada e volume coletado pelos dois equipamentos. Adicionalmente, foi tomada uma amostra para análise granulométrica em cada ponto. A distribuição dos tamanhos das partículas granulométricas do sedimento foi determinada de acordo com o procedimento padrão descrito por Suguio (1973). As amostras da macrofauna bentônica foram lavadas *in situ* com uso dos diferentes tamanhos de malha e armazenadas em sacos plásticos devidamente etiquetados contendo álcool 70%. Em laboratório, as amostras novamente lavadas, triadas com auxílio de microscópio estereoscópico e os espécimes encontrados foram identificados ao menor nível taxonômico possível, sendo posteriormente preservados em álcool 70%. O tempo consumido durante a triagem das amostras foi registrado para auxiliar na análise da razão custo-benefício dos procedimentos utilizados.

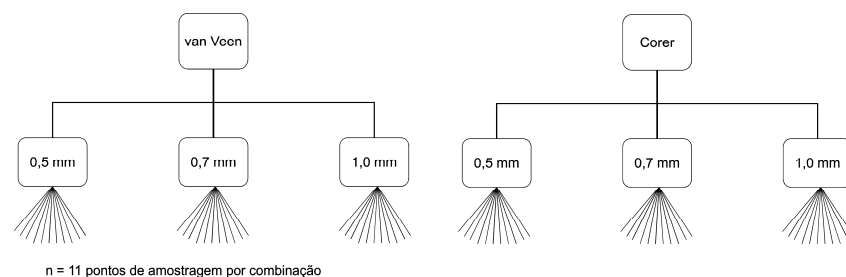


Figura 2. Esquema das combinações metodológicas e número de pontos de amostragem para cada combinação.

2.3. Análise dos dados

Para testar o efeito das diferentes combinações metodológicas no número de táxons e de indivíduos foram realizadas análises de variância (ANOVA) com dois fatores (*software* GMAV5): amostrador (fixo e ortogonal com dois níveis: van Veen e *corer*) e tamanho de malha (fixo e ortogonal com três níveis: 0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm). Os pontos de amostragem ao longo do estuário foram tratados como réplicas dos fatores analisados e as réplicas de *corer* foram somadas para compor uma amostra em cada ponto. Os dados foram analisados quanto à homogeneidade das

variâncias através do Teste de Cochran. Foi utilizado o teste de comparações múltiplas *a posteriori* Student Newman-Keuls (SNK) para avaliar relações significativas encontradas nos fatores analisados. O valor do alfa foi corrigido com o método de Bonferroni ($\alpha=0,025$) para reduzir as chances de incorrer no Erro Tipo I. Adicionalmente, para testar o efeito dos procedimentos de amostragem nos padrões multivariados, foi utilizada a análise de variância multivariada não paramétrica (PERMANOVA, *software* Permanova 6). Tal procedimento utiliza métodos permutacionais para calcular os valores de “*p*”, sendo considerado uma boa alternativa para os problemas inerentes da MANOVA tradicional, a qual apresenta premissas como multinormalidade (Anderson, 2001).

Para cada método de amostragem (amostrador e malha), os dados de abundância das espécies foram agregados aos níveis de gênero, família, ordem, classe e filo. A partir dos dados brutos foram geradas matrizes de similaridade utilizando a distância de Bray-Curtis para cada combinação, totalizando 36 matrizes (2 amostradores x 3 malhas x 6 níveis taxonômicos). Ordenações nMDS (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) dos pontos de amostragem ao longo do estuário foram realizadas para cada matriz, para avaliar a existência de possíveis diferenças na detecção do padrão estuarino estudado. Foi utilizado o procedimento ‘*dummy*’, que consiste na adição de determinado valor (e.g. 1) em toda a matriz para incluir amostras que não apresentaram espécimes coletados. As análises multivariadas foram realizadas com uso do pacote estatístico PRIMER 6.

As matrizes de similaridade foram comparadas utilizando o *rank* de correlação de Spearman, e a significância foi determinada pelo procedimento permutacional RELATE (Sommerfield e Clarke, 1995). Foi comparada a ‘melhor’ matriz de similaridade (amostras tomadas com van Veen, lavadas através de malha de 0,5 mm e identificadas ao nível de espécie) com as demais matrizes a níveis taxonômicos maiores para cada método de amostragem (amostrador e malha). A melhor matriz foi definida como a que fornece maior quantidade de informação do ambiente (ver Lampadariou et al, 2005). Assim, a ‘perda de informação’ é resultado do decréscimo no coeficiente de correlação da análise a níveis taxonômicos maiores em relação ao nível de espécie (Karakassis e Hatziyanni, 2000). Adicionalmente, para cada método de amostragem (amostrador e malha em diferentes níveis taxonômicos) foi utilizada uma intermatriz dos valores de correlação para uma ordenação de ‘segundo estágio’, de acordo com a abordagem descrita por

Somerfield e Clarke (1995). Neste procedimento, cada *rank* de correlação entre pares de matrizes de similaridade torna-se elemento para uma segunda matriz de similaridade, o que permite uma visualização clara das inter-relações entre os padrões multivariados para cada matriz analisada.

A análise da razão custo-benefício (CB_L) foi calculada para identificar o nível taxonômico com menor 'perda de informação' e menor esforço. Foi utilizada a fórmula descrita por Karakassis e Hatziyanni (2000), adotada por outros pesquisadores (Lampadariou et al., 2005; Mendes et al., 2007; Puente e Juanes, 2008; Bertasi et al., 2009):

$$CB_L = \frac{(1 - r_L)}{\frac{S - t_L}{S}}$$

no qual, CB_L é a razão custo-benefício ao nível taxonômico L, r_L é o coeficiente de correlação de Spearman entre os níveis taxonômicos, t_L é o número de táxons no nível taxonômico L e S é o número de espécies. O numerador refere-se ao custo em termos de 'perda de informação' e o denominador está relacionado com o benefício, assumindo-se que o decréscimo no esforço taxonômico é preferível. Assim, quanto menor o valor do índice melhor a razão custo-benefício do tratamento analisado.

Embora a fórmula proposta por Karakassis e Hatziyanni (2000) seja adequada para analisar resolução taxonômica, não sabemos se a sua aplicabilidade é válida para analisar diferentes métodos de coleta. Assim, utilizamos outra maneira para avaliar os amostradores e tamanhos de malha. Para analisar a razão custo-benefício dos procedimentos de amostragem foi primeiramente calculada a precisão (p) das estimativas, a partir da seguinte fórmula:

$$p = SE / \bar{X} \\ = (s / \sqrt{n}) / \bar{X}$$

no qual, SE é o erro padrão estimado a partir do desvio padrão (s) para determinado tamanho amostral (n), e (\bar{X}) é a média amostral. Precisão é inversamente relacionada aos valores da razão utilizada, sendo maior quando SE é pequeno relativo à média e menor quando o valor da razão aumenta (Andrew e Mapstone, 1987). Assim, o tratamento analisado (i.e. combinação de amostrador e malha) com menor valor calculado fornece estimativas mais precisas. Tratando-se do presente trabalho, o n foi o número de pontos de amostragem ao longo do estuário (11

pontos) e a média e desvio padrão foram calculados a partir da soma das abundâncias para cada ponto.

Para calcular o custo total (C_t) de cada procedimento, o custo de cada unidade amostral (i.e. pontos de amostragem) foi multiplicado pelo total número de unidades:

$$C_t = n.C_u + C_a$$

no qual, n é o número de pontos amostrados e C_u é o custo para cada unidade amostral, mensurado a partir do tempo médio consumido na triagem das amostras, e C_a são os custos adicionais (Andrew e Mapstone, 1987). Não foram considerados custos adicionais (custo dos equipamentos) por ser um critério subjetivo para os aspectos analisados, já que a adição destes custos depende de uma série de fatores (e.g. compra ou aluguel dos equipamentos, variação de preço no mercado, empréstimo) e, assim, os valores foram fixados em 1. O tempo consumido na triagem das amostras foi convertido em valor monetário, a partir do valor do honorário estipulado pelo Conselho Federal de Biologia (CFBio), que é de R\$60,00 para profissionais com mestrado. Depois de calculados a precisão e custo de cada procedimento, foi calculada a razão custo-benefício (CB) dividindo-se o custo total pela precisão:

$$CB = \frac{\left(\frac{C_t}{1 - p} \right)}{1000}$$

no qual, C_t é o custo total e p a precisão. Os valores são divididos por 1000 para reduzir a escala do valor calculado. Quanto menor o custo e maior a precisão, menor será o valor calculado e, conseqüentemente, melhor a razão custo-benefício do tratamento analisado.

3. RESULTADOS

3.1. Padrões gerais

Os sedimentos foram predominantemente compostos por areia, com sedimentos mais grossos a montante do estuário (P8 a P11), enquanto frações mais finas foram mais abundantes a jusante (P1 a P4) (Fig.3). Foi coletado um total de 2.186 indivíduos, compreendendo 72 táxons pertencentes a seis filos (Apêndice). O filo mais representativo em termos de número de táxons foi Polychaeta (47%),

seguido por Mollusca (26%) e Crustacea (21%). Foram observados também espécimes pertencentes aos grupos Nemertea, Sipuncula e Echinodermata. Moluscos foram mais abundantes (64% do número total de indivíduos), seguidos por poliquetas (33,6%). Os táxons mais abundantes foram *Tellina* sp. (59,6%) e Cirratulidae Morf. 1 (7,4%), seguidos de Sabellidae Morf. 2 (3%) e *Magelona papillicornis* (2,6%).

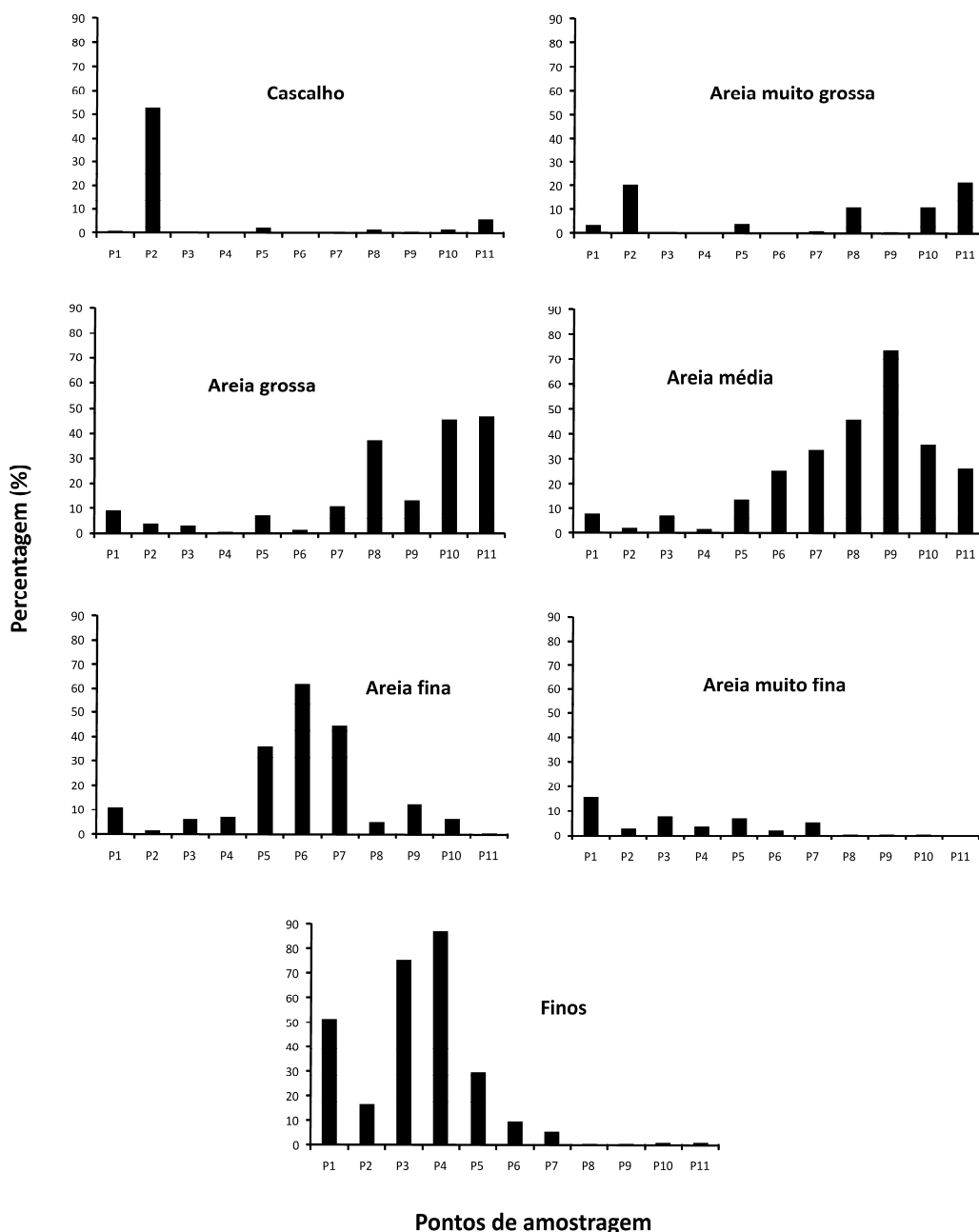


Figura 3. Percentual das classes granulométricas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil).

3.2. Amostrador e tamanho de malha

O van Veen capturou 1.219 indivíduos e 59 táxons, enquanto o *corer* capturou 967 indivíduos e 53 táxons. Em relação aos tamanhos de malha, foi observado um decréscimo no número de indivíduos retidos à medida que se aumentava o tamanho da abertura. Foram coletados 900 indivíduos e 50 táxons na malha de 0,5 mm, 699 indivíduos e 51 táxons na malha de 0,7 mm e 587 indivíduos e 45 táxons na malha de 1,0 mm de abertura. Na figura 4 pode ser observado o número de táxons e de indivíduos para os principais grupos taxonômicos coletados com uso dos diferentes tipos de amostrador e tamanhos de malha.

A ANOVA não revelou diferenças significativas no número de indivíduos e no número de táxons (Tab. 1). Na análise de variância multivariada também não foram observadas diferenças significativas para as assembleias macrofaunais (Tab. 2).

Para comparar o tempo de triagem entre as amostras de van Veen e *corer* foi somado o tempo gasto na triagem das três réplicas de *corer* de cada ponto. O tempo consumido na triagem variou entre 2 e 425 minutos. Amostras obtidas com *corer* consumiram um pouco mais de tempo que aquelas obtidas com van Veen, levando em média 87,8 minutos ($\pm 117,3$) e 71 minutos ($\pm 68,8$), respectivamente (Fig. 5a). Em relação ao tamanho de malha, houve um decréscimo no tempo necessário na triagem com o aumento da abertura da malha. O tempo médio de triagem foi de 112,7 minutos (± 104) para a malha de 0,5 mm, 74,8 minutos ($\pm 94,7$) para a malha de 0,7 mm e 49,2 minutos ($\pm 75,7$) para a malha de 1,0 mm (Fig. 5b).

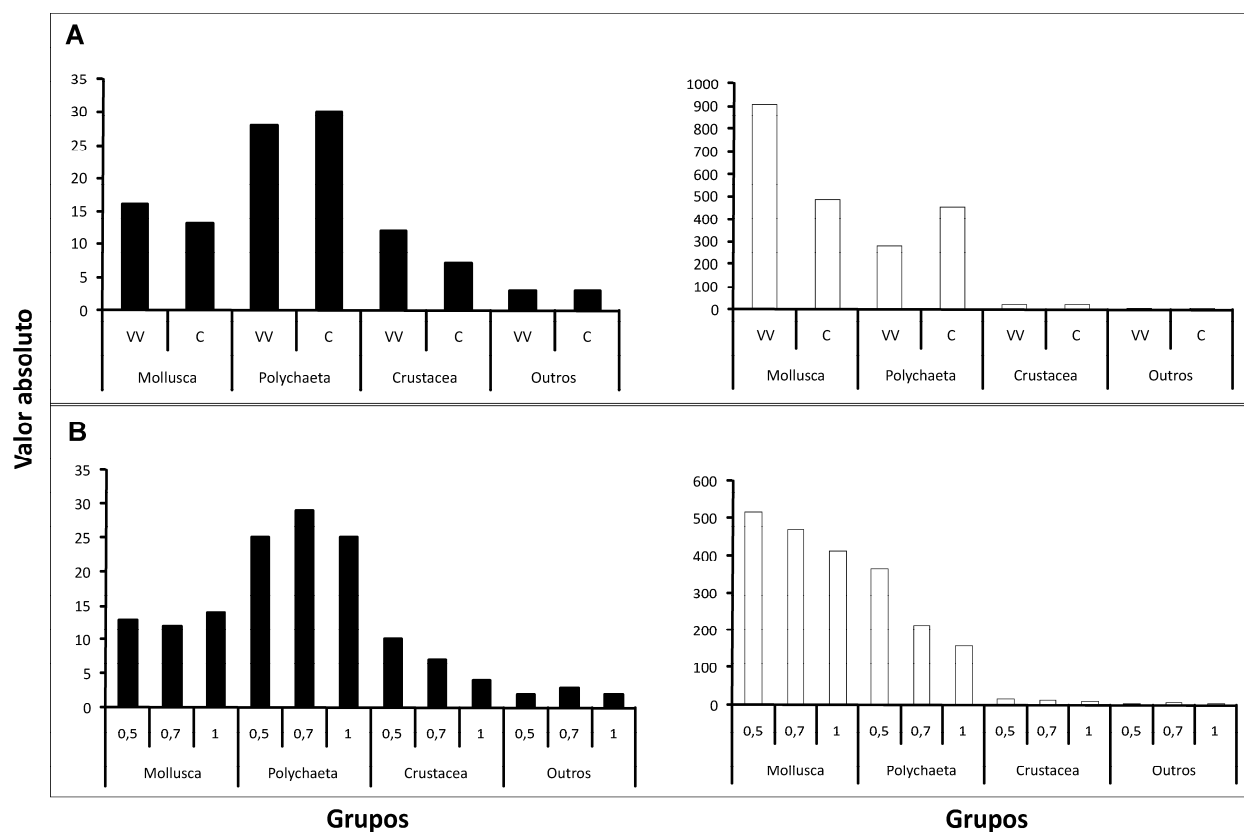


Figura 4. Número de táxons (barras pretas) e de indivíduos (barras brancas) dos grupos coletados ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). (A) amostradores e (B) tamanhos de malha. Abreviações: VV = van Veen e C = *corer*.

Tabela 1. Resultado da ANOVA analisando o número de táxons e de indivíduos das assembléias macrofaunais coletadas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: NS = não significativo; GL = graus de liberdade, MQ = médias dos quadrados.

Fatores	GL	MQ	F	p	MQ	F	p
		Nº de indivíduos			Nº de táxons		
Amostrador (A)	1	962,18	0,32	0,5754 NS	6,68	0,14	0,7144 NS
Malha (M)	2	1143,29	0,38	0,6875 NS	6,47	0,13	0,8776 NS
A x M	2	191,86	0,06	0,9388 NS	7,68	0,16	0,8564 NS
Resíduo	60	3032,68			49,43		

Tabela 2. Resultado da PERMANOVA analisando as assembléias macrofaunais coletadas ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). Símbolos: NS = não significativo; GL = graus de liberdade, MQ = médias dos quadrados; $p(\text{perm})$ = valor de p permutado; $p(\text{MC})$ = valor de p do Monte Carlo.

Fatores	GL	MQ	F	p (perm)	p (MC)
Amostrador	1	4093,72	0,88	0,5616 NS	0,5447 NS
Malha	2	3480,77	0,75	0,8459 NS	0,8052 NS
A x M	2	1826,42	0,39	1,0000 NS	0,9990 NS
Resíduo	60	4626,92			

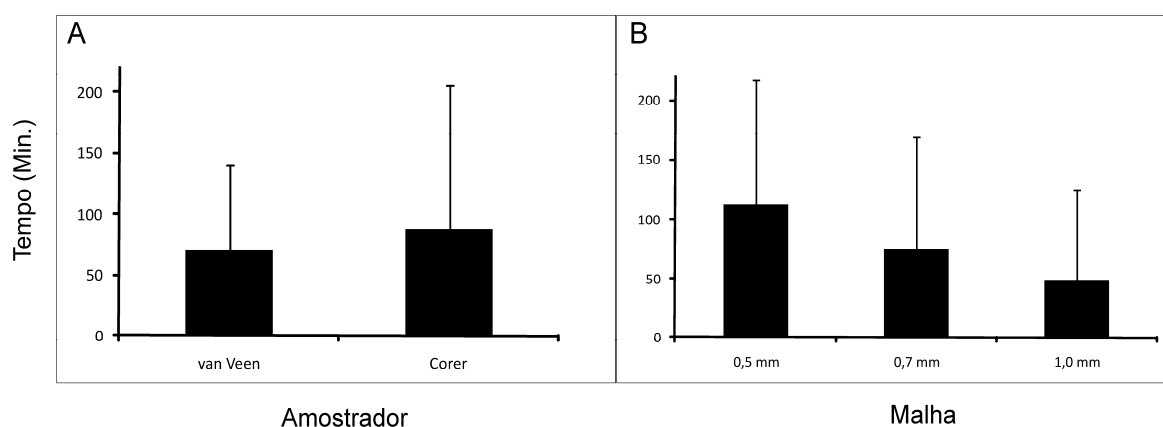


Figura 5. Tempo médio e desvio-padrão consumido na triagem das amostras ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil). (A) tipo de amostrador e (B) tamanho de malha.

3.3. Resolução taxonômica

Todos os coeficientes de correlação de Spearman obtidos para as 36 matrizes analisadas foram altamente significativos ($p < 0,0014$, corrigido pelo método de Bonferroni). A informação contida nas matrizes de similaridade utilizando gênero foram fortemente correlacionadas com as matrizes ao nível de espécie. O coeficiente de correlação de Spearman entre a matriz de similaridade ao nível de espécie e de família para os diferentes amostradores e tamanhos de malha mostrou poucas variações, sendo estas matrizes bastante correlacionadas (Fig. 6). Após o nível de família, os valores de correlação sofrem maior decréscimo. Os menores valores de correlação da matriz baseada nas amostras coletadas com van Veen, lavadas com malha de 0,5 mm e identificadas ao nível de espécie foram observados com amostras coletadas com *corer* e lavadas em malha de 1,0 mm.

As ordenações nMDS realizadas com diferentes níveis taxonômicos revelaram padrões muito similares (Fig. 7-9). Com o aumento do nível taxonômico, a

dissimilaridade entre alguns pontos de amostragem diminuiu. Amostras lavadas com malha de 0,5 mm e 0,7 mm também apresentaram padrão semelhante, o qual se diferenciou mais com o uso da malha de 1,0 mm. Considerando os diferentes amostradores, as ordenações de amostras coletadas com *corer* mostraram um aglomerado de pontos (especialmente para malha de 0,5 mm) dissimilares do ponto 2 (local com cascalho e maior número de espécimes registrados) e os pontos 8 e 9 (registrado grande número de indivíduos do bivalve *Tellina* sp.). Nas ordenações de 'segundo estágio' foi observado que para cada aspecto metodológico, os padrões correspondentes aos níveis de espécie (S), gênero (G) e família (F) foram muito similares, ao passo que os padrões aos níveis de ordem (O), classe (C) e filo (P) foram mais distintos (Fig. 10).

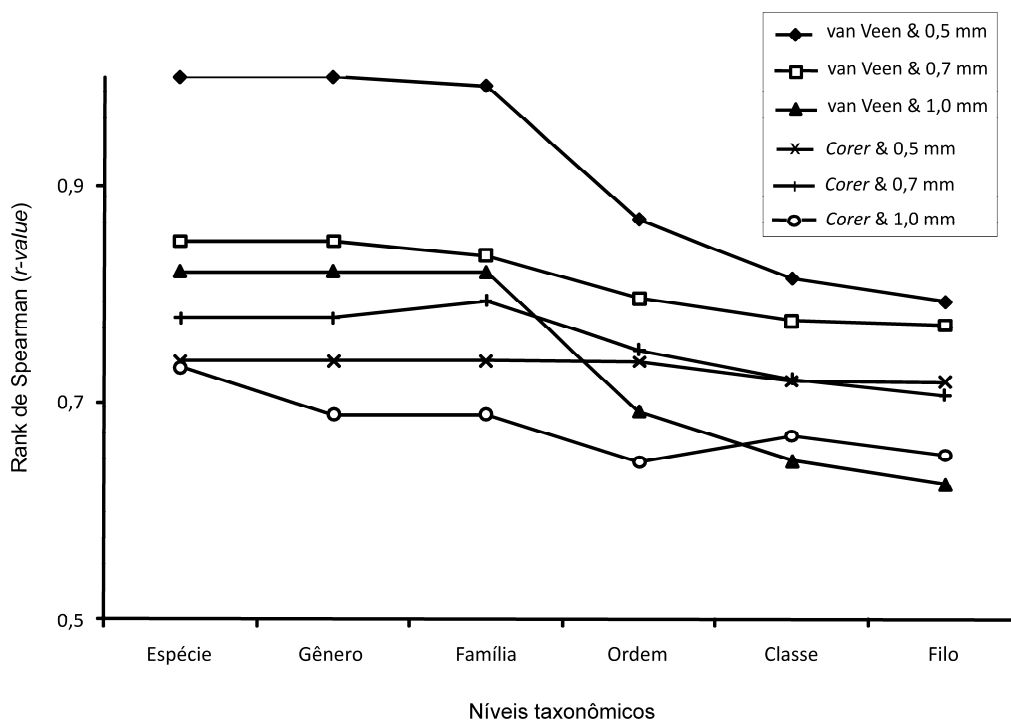


Figura 6. Grau de correlação (*rank* de Spearman) entre a 'melhor' matriz de similaridade (van Veen + 0,5 mm + espécie) e as matrizes a níveis taxonômicos maiores para cada amostrador e tamanho de malha.

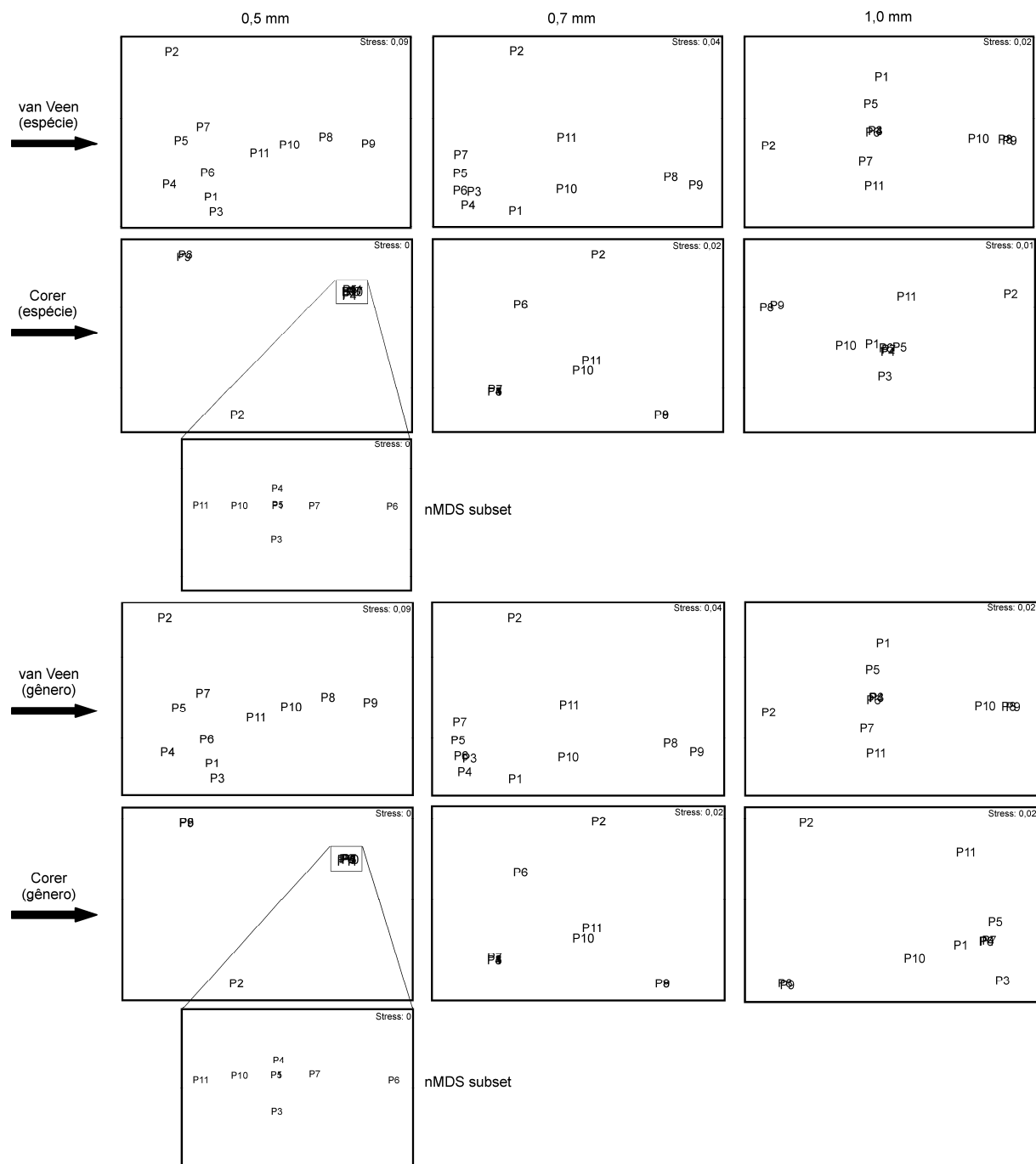


Figura 7. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (*corer* e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de espécie e gênero. Os *plots* referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado.

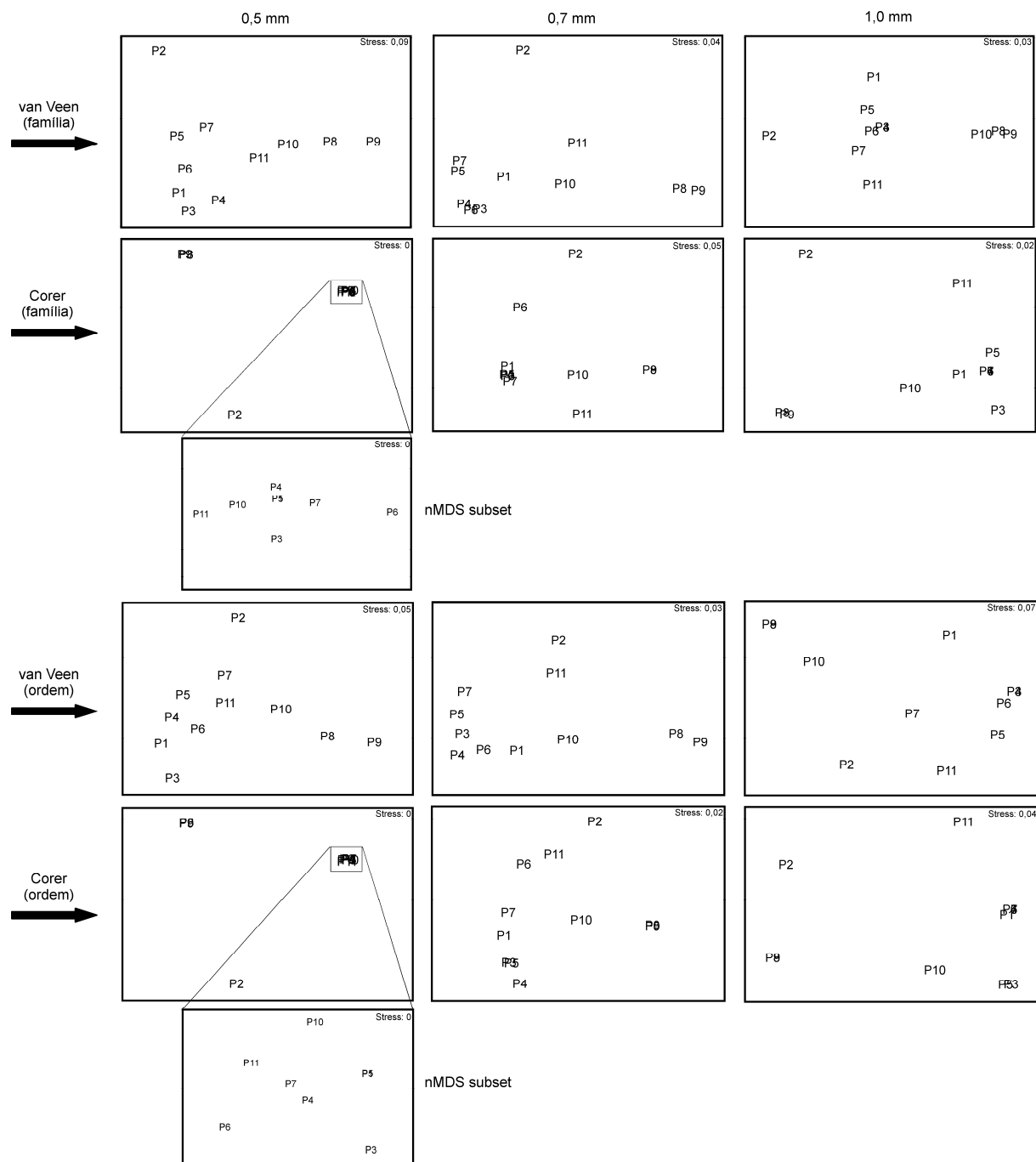


Figura 8. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (*corer* e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de família e ordem. Os *plots* referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado.

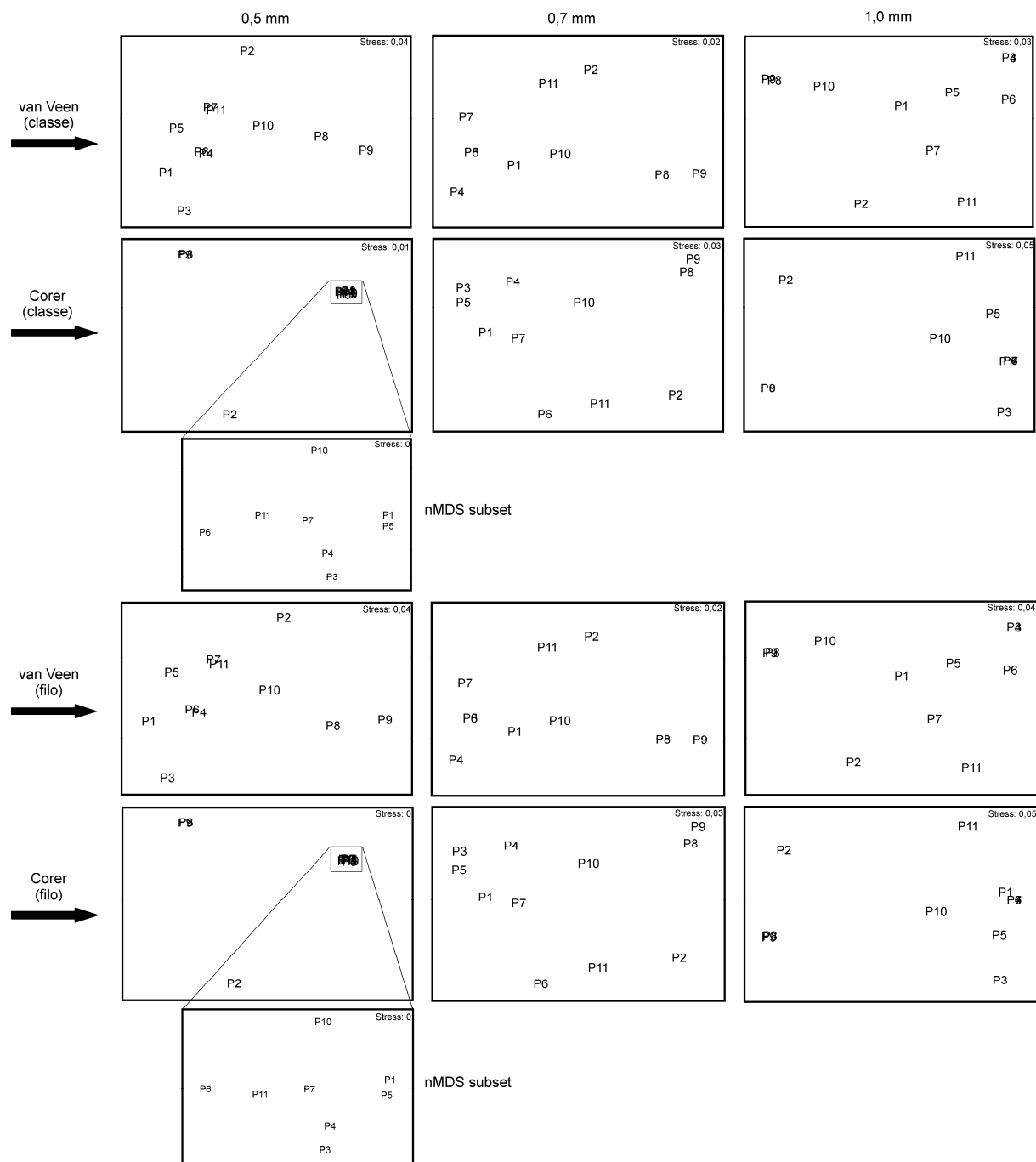


Figura 9. Ordenações nMDS das matrizes de abundância para os dois amostradores (*corer* e van Veen) e os três tamanhos de malha (0,5 mm, 0,7 mm e 1,0 mm) agregados aos níveis de classe e filo. Os *plots* referem-se aos pontos de amostragem ao longo do estuário estudado.

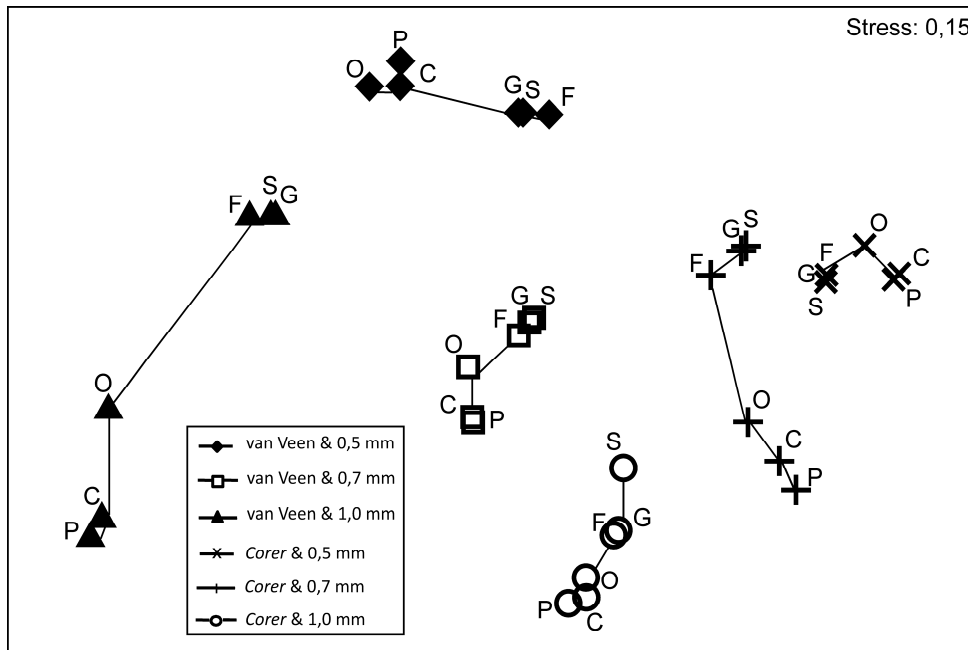


Figura 10. Ordenações nMDS de 'segundo estágio' da intermatriz de *ranks* de correlação para cada amostrador e tamanho de malha nos diferentes níveis de resolução taxonômica: (S) espécie, (G) gênero, (F) família, (O) ordem, (C) classe e (P) filó.

3.4. Custo-benefício

A análise da razão custo-benefício para os dois tipos de amostradores e tamanhos de malha mostrou mínimos valores para amostras coletadas com van Veen, lavadas sob malha de 0,5 mm e identificadas ao nível de família (Fig. 11). Isto indica que esse nível fornece o melhor balanço entre a qualidade da informação obtida e o custo (decréscimo no esforço taxonômico). Nas amostras tratadas com outros tamanhos de malha e/ou coletadas com *corer* o decréscimo na informação obtida (menor correlação) não é compensado pelo decréscimo no número de táxons, principalmente para o nível de espécie. Além disso, foi percebido que para outras combinações, níveis taxonômicos maiores que família apresentaram melhor razão custo-benefício do que menores resoluções. As combinações 'van Veen + 0,5 mm + classe' e 'van Veen + 1,0 mm + espécie', por exemplo, apresentaram *ranks* de correlação similares (vide Fig. 6), sendo calculados valores de custo semelhantes. Entretanto, o benefício, tido como redução no esforço taxonômico a partir do número de táxons analisados, é maior para a primeira combinação que a segunda. Isto reflete o uso questionável desta fórmula para analisar diferentes métodos de coleta, e nesse sentido somente consideramos o resultado para resolução taxonômica.

Deste modo, utilizamos outra abordagem de análise de custo-benefício para avaliação dos métodos de coleta. Observou-se que com o aumento do tamanho de

malha houve um decréscimo de custo em função do menor tempo de triagem e aumento de precisão, provavelmente devido a menores variâncias. A combinação 'van Veen + 1,0 mm' apresentou maior precisão que as demais, a qual associada ao seu menor custo resultou no cálculo de uma melhor razão custo-benefício para esta combinação (Fig. 12). A partir disto, associando-se o resultado deste índice com o calculado para resolução taxonômica, a combinação que resultou no melhor balanço entre precisão e custo foi 'van Veen + 1,0 mm + família'.

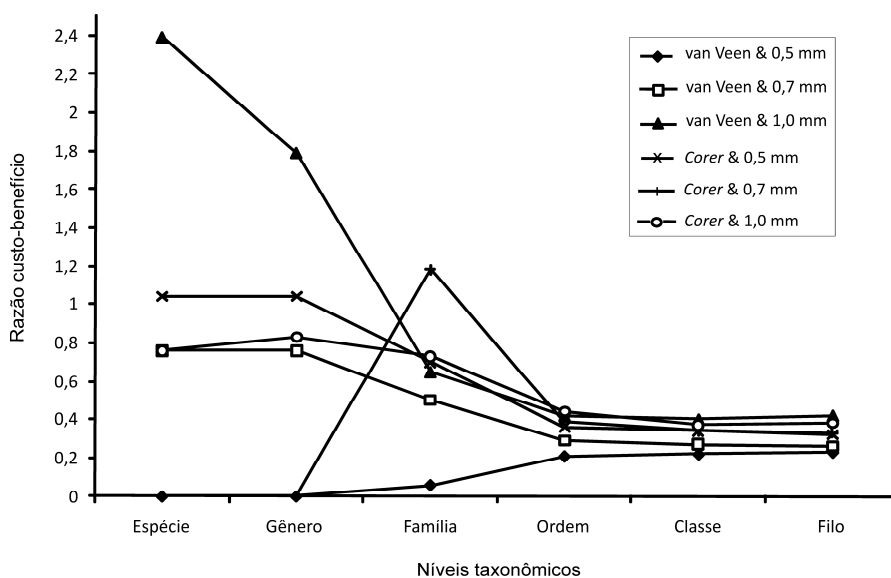


Figura 11. Análise da razão custo-benefício dos diferentes níveis taxonômicos para cada amostrador e tamanho de malha, a partir da fórmula proposta por Karakassis e Hatziyanni (2000).

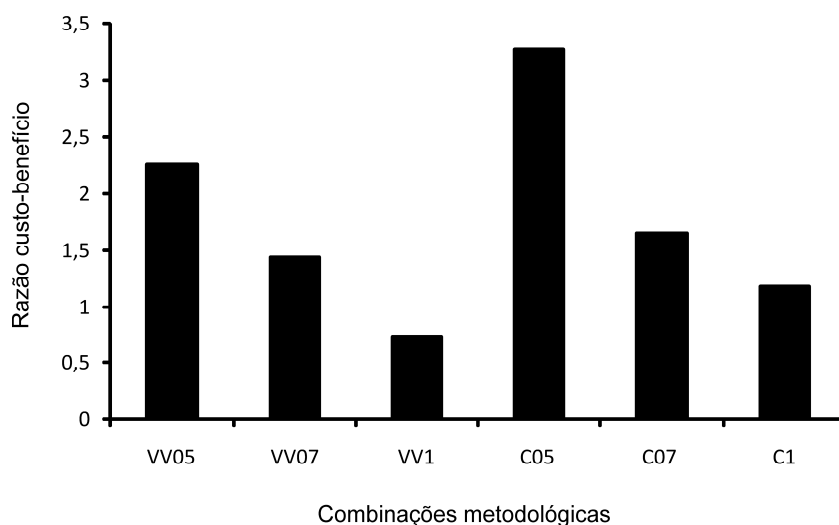


Figura 12. Análise da razão custo-benefício das diferentes combinações metodológicas para cada amostrador e tamanho de malha: (VV05) van Veen + 0,5 mm; (VV07) van Veen + 0,7 mm; (VV1) van Veen + 1,0 mm; (C05) corer + 0,5 mm; (C07) corer + 0,7 mm; (C1) corer + 1,0 mm.

4. DISCUSSÃO

4.1. Amostrador e malha

No presente estudo não foram detectadas diferenças significativas nos padrões quantitativos avaliados (número de táxons e de indivíduos e estrutura da assembléia) em função do tipo de amostrador. Tal resultado difere do encontrado por Lampadariou et al. (2005), no qual os autores observaram diferenças significativas na riqueza de espécies entre van Veen e *corer*. Entretanto, esta diferença observada por estes autores pode estar associada aos diferentes tamanhos de área amostrados por cada equipamento, no qual o van Veen (0,1 m²) apresentou uma área amostral maior que o *corer* (0,007 m²). Já no estudo de Gage (1975), o qual evitou esta diferença no tamanho da unidade amostral, foram observados resultados similares para estes dois amostradores.

O pegador de fundo tipo van Veen é amplamente utilizado em estudos bentônicos, embora sua eficiência de amostragem varie com o tipo de substrato (ver Christie, 1975; Blomqvist, 1991), geralmente apresentando melhor desempenho em locais com condições abrigadas com sedimentos lamosos (Lie e Pamatmat, 1965). Em um ponto amostrado no presente estudo, com sedimento predominantemente cascalhoso, foi necessário que um mergulhador fechasse o van Veen manualmente para coleta do sedimento. Por outro lado, de acordo com Blomqvist (1991), equipamentos que utilizam o mesmo princípio do *corer* obtêm amostras quantitativas melhores, coletando um material estratificado e pouco perturbado. Entretanto, a maioria dos crustáceos vágeis amostrados (e.g. anfípodes e camarões) não foi encontrada em amostras coletadas com *corer*, o que pode estar relacionado com a presença do mergulhador, que pode afastar estes organismos e dificultar sua coleta (e.g. Gage, 1975; Lampadariou et al., 2005; Munro, 2005).

Na análise do padrão espacial ao longo do gradiente estuarino, foi constatada certa diferença nos padrões observados com o uso dos diferentes amostradores. Esta diferença pode estar associada com a inclusão de espécies raras (i.e. espécies com somente um indivíduo registrado em toda amostragem) em amostras coletadas pelo van Veen (41,5%), as quais não foram capturadas pelo *corer* (28,3%), propiciando maior influência das espécies comuns e um aumento na dissimilaridade entre os pontos amostrados pelo *corer*. Comunidades bentônicas marinhas são tipicamente compostas por poucas espécies comuns e muitas espécies raras (Riddle, 1989), as quais dificilmente são amostradas com alta precisão, principalmente utilizando-se amostradores pequenos (Lampadariou et al., 2005).

Em relação ao tamanho de abertura da malha, apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas, foi observado um decréscimo no número de indivíduos coletados com o aumento do tamanho da abertura. A pouca diferença observada entre as malhas aqui analisadas corrobora com alguns dos estudos até então realizados (Gage et al., 2002; Thompson et al., 2003; Lampadariou et al., 2005). Entretanto, James et. al. (1995), utilizando amostras independentes para cada tamanho de malha, observaram que a malha de 1,0 mm subestimou as abundâncias das populações de algumas famílias, especialmente poliquetas, quando comparada à malha de 0,5 mm. Foi observada, no presente estudo, uma diferença marcante no número de espécimes de poliquetas retidos na malha de 0,5 mm em relação aos demais tamanhos de malha. Isto reforça o fato de que algumas espécies podem ser diferentemente afetadas pelos diferentes tamanhos de malha, seja devido à forma do corpo ou pela presença de grandes números de juvenis (Bachelet, 1990; Schlacher e Wooldridge, 1996b).

No presente trabalho, o padrão espacial analisado em função dos diferentes tamanhos de malha foi similar para as menores aberturas e um pouco distintos daqueles observados com a maior abertura. De maneira semelhante ao observado para o *corer*, o aumento no tamanho de malha pode ter intensificado a exclusão de espécies raras e/ou de juvenis, o que provavelmente tornou a dissimilaridade entre pontos de amostragem menor. James et al. (1995) observaram que a interpretação do padrão espacial univariado foi afetado pelo tamanho de malha para alguns grupos taxonômicos. Porém, os mesmos autores encontraram padrões similares para os dois tamanhos de malha analisados (0,5 mm e 1,0 mm) ao utilizar análises multivariadas (nMDS e ANOSIM). Isto difere do encontrado por Rodrigues et al. (2007), que encontraram diferenças na estrutura da assembléia em função destes tamanhos da malha ao analisar de forma multivariada.

A partir do observado, percebe-se que o uso de diferentes amostradores e tamanhos de malha, apesar de não se diferenciarem estatisticamente quanto aos padrões quantitativos (ANOVA e PERMANOVA), pode alterar a percepção do padrão espacial (ordenações). Assim, reforça-se a importância da análise desta relação entre métodos e padrões espaciais, ao invés de simples comparações nos valores de abundância (Andrew e Mapstone, 1987).

4.2. Resolução taxonômica

Desde que Ellis (1985) inseriu o conceito de suficiência taxonômica houve um alvoroço na comunidade científica, de modo que um grande número de pesquisadores passou a defender o uso de níveis taxonômicos maiores, como o nível de família (e.g. Warwick, 1988; Ferraro e Cole, 1990; Somerfield e Clarke, 1995; Vanderklift et al., 1996; Olsgard et al., 1997; Karakassis e Hatziyanni, 2000; Dauvin et al., 2003; Gomez Gesteira et al., 2003; Mendes et al., 2007). Em corroboração com estes trabalhos pretéritos, observamos que não há grande 'perda de informação' ao se utilizar o nível de família e que a percepção do padrão estudado não se altera. Vale ressaltar que os trabalhos acima citados defendem o uso do nível taxonômico de família em programas de monitoramento, assumindo que é suficiente para detectar mudanças ambientais, distinguindo sítios impactados de não impactados. Já o presente trabalho buscou avaliar a utilização de níveis taxonômicos maiores na análise de padrões espaciais, de forma semelhante ao realizado por Guzmán-Alvis e Carrasco (2005) que sugeriu o nível de família para análise de padrões temporais.

Foi observado no presente trabalho que nos níveis maiores que família o padrão espacial é substancialmente modificado. Lampadariou et al. (2005) monitorando áreas de cultivo de peixes e Thompson et al. (2003) avaliando efeitos de efluentes também concluíram que a informação sobre o impacto é detectada da mesma forma até o nível de família, sendo que nos níveis superiores a percepção se altera.

Apesar do resultado aqui obtido, é interessante que sejam ampliados os esforços para aumento do conhecimento taxonômico, através de parcerias entre ecólogos e taxonomistas (Capítulo 1), visto que em grande parte das áreas do mundo (em especial na região tropical e áreas profundas) não é possível identificar todos os táxons ao nível de espécie (Olsgard e Somerfield, 2000; Lampadariou et al., 2005) e existe um grande número de espécies desconhecidas (Maurer, 2000; Terlizzi et al. 2003). No presente trabalho, por exemplo, alguns grupos foram somente identificados a níveis taxonômicos maiores (e.g. Sipuncula, Nemertea). Isto é um fato recorrente na literatura, o que reforça o uso do nível de família por alguns pesquisadores.

4.3. Custo-benefício

O uso do van Veen na amostragem teve maior que precisão que o *corer*, o que pode estar relacionado com o arranjo espacial dos organismos no estuário estudado. Na maioria das populações os organismos não são randomicamente distribuídos, apresentando distribuição agregada (Downing, 1979). Assim, a escolha do tamanho da unidade amostral está fundamentalmente relacionada às características da população sendo amostrada, bem como do seu arranjo espacial. Nesse sentido, em unidades menores ou iguais à escala de agregação dos organismos as estimativas de abundância e/ou densidade são freqüentemente mais variáveis (i.e. menos precisas) do que as unidades maiores em relação à escala de agregação (ver Andrew e Mapstone, 1987).

Foi observado um aumento diretamente proporcional entre precisão e tamanho da abertura da malha. A exclusão de espécies raras e menores discrepâncias nos valores das espécies comuns podem ter propiciado essa menor variabilidade da malha de 1,0 mm e conseqüentemente maior precisão. Thompson et al. (2003) observaram que a adição de dados com uso da malha de 0,5 mm não aumenta a precisão ou poder estatístico para detectar diferenças entre locais. Os autores perceberam que a proporção de espécies amostradas com maior precisão decresce com o aumento do número de organismos retidos na malha de 0,5 mm.

A partir da fórmula proposta por Karakassis e Hatziyanni (2000) constatou-se que amostras coletadas com van Veen, lavadas sob malha de 0,5 mm e identificadas ao nível de família apresentaram a melhor razão custo-benefício. Entretanto, esta fórmula por eles proposta não leva em consideração a precisão dos métodos de coleta (amostrador e malha) nem os custos destes em termos financeiros. O seu uso para análise destes aspectos pode conduzir a resultados espúrios, como foi evidenciado graficamente que 'van Veen + 0,5 mm + classe' apresentou melhor razão custo-benefício que 'van Veen + 1,0 mm + espécie'. É estranho pensar que utilizar uma malha menor e um nível taxonômico muito alto seja preferível à malha maior com menor resolução taxonômica. Vale ressaltar que este índice, originalmente proposto para análise da resolução taxonômica, apenas reconhece o 'segundo melhor' nível taxonômico em relação ao 'melhor nível' que é o de espécie (Karakassis e Hatziyanni, 2000).

Lampadariou et al. (2005) utilizaram esta fórmula para análise do custo-benefício de combinações metodológicas e constataram que 'van Veen + 0,5 ou 1,0 mm + família' foi a melhor combinação. Adicionalmente, os autores compararam de

forma subjetiva os valores calculados a partir desta fórmula com o tempo de triagem registrado e concluíram que o melhor compromisso entre precisão e custo é alcançado com 'cozer + 0,5 mm + família'. Percebe-se assim que os resultados apresentados por este estudo não são confiáveis devido à inadequação da fórmula utilizada, bem como subjetividade da análise.

No presente estudo, a partir de uma análise mais direta da razão entre precisão e custo dos métodos de coleta foi observado que o uso do van Veen associado à malha de 1,0 mm é preferível. Nesse sentido, ao associarmos os resultados desta análise com o resultado a partir da fórmula de Karakassis e Hatziyanni (2000) para resolução taxonômica, a combinação que apresentou a melhor relação custo-benefício foi 'van Veen + 1,0 mm + família'. Pesquisas anteriores também têm concluído que o uso da malha de 1,0 mm apresenta a melhor razão custo-benefício (e.g. Ferraro et al. 1989; Thompson et al., 2003; Ferraro et al., 2006).

Avaliar a razão custo-benefício de métodos científicos é extremamente importante e muitas vezes não é realizada de maneira eficaz, tornando-se um tanto subjetiva. Algumas pesquisas que avaliaram este aspecto para métodos de ecologia bentônica, não realizaram uma ponderação matemática ou mais precisa desta relação, se restringindo somente a contabilizar tempo e gastos financeiros e relacionar intuitivamente com os dados obtidos (e.g. Aguado-Giménez et al., 2007).

Por fim, é interessante chamar atenção aqui que a exatidão, outro aspecto fundamental na análise de métodos de coleta, não foi avaliado. A exatidão refere-se ao quanto a estimativa se aproxima do valor verdadeiro (Andrew e Mapstone, 1987). Assim, para avaliar exatidão é necessário conhecer o "real valor" de determinada população a ser estimada, o que nem sempre é possível. Por isso, grande parte dos estudos busca avaliar a precisão de métodos, em função da maior facilidade em relação ao estudo da exatidão (ver Andrew e Mapstone, 1987).

5. CONCLUSÃO

Discussões sobre aspectos metodológicos em estudos bentônicos são conduzidos a mais de 50 anos e, talvez tenhamos que rever alguns pontos cruciais a serem ainda questionados. Apesar das diferenças no desempenho dos amostradores serem reportados na literatura, acreditamos que diferenças existentes entre alguns amostradores podem ser, muitas vezes, um reflexo de tamanhos amostrais distintos. Além disso, o uso de diferentes tamanhos de malha e

resoluções taxonômicas não causou grandes alterações na percepção do padrão estuarino, de modo que corroboramos os resultados de diversos artigos quanto ao preferível uso da malha de 1,0 mm e identificação ao nível de família. Através da análise da razão custo-benefício foi evidenciado como melhor combinação o amostrador van Veen + malha de 1,0 mm + nível de família. A partir dos resultados aqui obtidos, podemos sugerir que estudos futuros foquem mais na análise conjunta dos diferentes aspectos metodológicos do estudo do bentos, em detrimento de avaliações separadas.

6. REFERÊNCIAS

Aguado-Giménez, F., Marín, A., Montoya, S., Marín-Guirao, L., Piedecausa, A., García-García, B., 2007. Comparison between some procedures for monitoring offshore cage culture in western Mediterranean Sea: sampling methods and impact indicators in soft substrata. *Aquaculture* 271, 357-370.

Andrew, N.L., Mapstone, B.D., 1987. Sampling and the description of spatial pattern in marine ecology. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 25, 39-90.

Bachelet, G., 1990. The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Marine Environmental Research* 30, 21-35.

Barros, F., Cruz, I.C.S., Kikuchi, R.K.P., Leão, Z.M.A.N., 2009. Ambiente bentônico. In: Hatje, V., Andrade, J.B. (Eds.), *Baía de Todos os Santos – aspectos oceanográficos*. EDUFBA, Salvador, pp. 207-241.

Bertasi, F., Colangelo, M.A., Colosio, F., Gregorio, G., Abbiati, M., Ceccherelli, V.U., 2009. Comparing efficacy of different taxonomic resolutions and surrogates in detecting changes in soft bottom assemblages due to coastal defence structures. *Marine Pollution Bulletin* 58, 686-694.

Bishop, J.D.D., Hartley, J.P., 1986. A comparison of the fauna retained on 0.5 mm and 1 mm meshes from benthic samples taken in the Beatrice Oilfield, Moray Firth, Scotland. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 91B, 247-262.

Blomqvist, S., 1991. Quantitative sampling of soft-bottom sediments: problems and solutions. *Marine Ecology Progress Series* 72, 295-304.

- Boyd, S.E., Barry, J., Nicholson, M., 2006. A comparative study of a 0.1m² and 0.25m² Hamon grab for sampling macrobenthic fauna from offshore marine gravels. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 86, 1315-1328.
- Carey, J.M., Keough, M.J., 2002. Compositing and subsampling to reduce costs and improve power in benthic infaunal monitoring programs. *Estuaries* 25(5), 1053-1061.
- Carlson, M., Schmiegelow, F., 2002. Cost-effective sampling design applied to large-scale monitoring of boreal birds. *Conservation Ecology* 6(2), 18 pp.
- Christie, N.D., 1975. Relationship between sediment texture, species richness and volume of sediment sampled by a grab. *Marine Biology* 30, 89-96.
- Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica* 25(4), 363-387.
- Dauvin, J.C., Gomez Gesteira, J.L., Salvande Fraga, M., 2003. Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 46, 552-555.
- Downing, J.A., 1979. Aggregation, transformation, and the design of benthos sampling programs. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36, 1454-1463.
- Dickinson, J.J., Carey, A.G., 1975. A comparison of two benthic infaunal samplers. *Limnology and Oceanography* 20, 900-902.
- Eleftheriou, A., Moore, D.C., 2005. Macrofauna techniques. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed., pp. 160-228.
- Elliott, J.M., Drake, C.M., 1981. A comparative study of seven grabs used for sampling benthic macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biology* 11, 99-120.
- Ellis, D., 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin* 16, 459.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., Deben, W.A., Swartz, R.C., 1989. Power-cost efficiency of eight macrobenthic sampling schemes in Puget Sound, Washington, USA. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46, 2157-2165.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 1990. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 67, 251-262.

- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 1992. Taxonomic level sufficient for assessing a moderate impact on macrobenthic communities in Puget Sound, Washington, USA. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49, 1184-1188.
- Ferraro, S.P., Swartz, R.C., Cole, F.A., Deben, W.A., 1994. Optimum macrobenthic sampling protocol for detecting pollution impacts in Southern California Bight. *Environmental Monitoring and Assessment* 29, 127-153.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 1995. Taxonomic level sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos - revisited. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14(6), 1031-1040.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., 2004. Optimal benthic macrofaunal sampling protocol for detecting differences among four habitats in Willapa Bay, Washington, USA. *Estuaries* 27(6), 1014-1025.
- Ferraro, S.P., Cole, F.A., Olsen, A.R., 2006. A more cost-effective EMAP benthic macrofaunal sampling protocol. *Environmental Monitoring and Assessment* 116, 275-290.
- Gage, J.D., 1975. A comparison of the deep-sea epibenthic sledge and anchor-box dredge samplers with the van Veen grab and hand coring by diver. *Deep-Sea Research* 22, 693-702.
- Gage, J.D., Hughes, D.J., Vecino, J.L.G., 2002. Sieve size influence in estimating biomass, abundance and diversity in samples of deep-sea macrobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 225, 97-107.
- Gomez Gesteira, J.L., Dauvin, J.C., Salvande Fraga, M., 2003. Taxonomic level for assessing oil spill effects on soft-bottom sublittoral benthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 46, 562-572.
- Guzmán-Alvis, A.I., Carrasco, F., 2005. Taxonomic aggregation and redundancy in a tropical macroinfaunal assemblage of the southern Caribbean in the detection of temporal patterns. *Scientia Marina* 69(1), 133-141.
- Heitjan, D.F., Li, H., Bayesian estimation of cost-effectiveness: an importance sampling approach. *Health Economics* 13, 191-198.
- Hurlbert, S., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2), 187-211.

- James, R.J., Lincoln Smith, M.P., Fairweather, P.G., 1995. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. *Marine Ecology Progress Series* 118, 187-198.
- Karakassis, I., Hatziyanni, E., 2000. Benthic disturbance due to fish farming analysed under different levels of taxonomic resolution. *Marine Ecology. Progress Series* 203, 247–253.
- Lampadariou, N., Karakassis, I., Pearson, T.H., 2005. Cost/benefit analysis of a benthic monitoring programme of organic benthic enrichment using different sampling and analysis methods. *Marine Pollution Bulletin* 50, 1606-1618.
- Laska, E.M., Meisner, M., Siegel, C., Wanderling, J., 2002. Statistical determination of cost-effectiveness frontier based on net health benefits. *Health Economics* 11, 249-264.
- Lessa, G.C., Cirano, M., Genz, F., Tanajura, C.A.S., Silva, R.R., 2009. Oceanografía física. In: Hatje, V., Andrade, J.B. (Eds.), *Baía de Todos os Santos – aspectos oceanográficos*. EDUFBA, Salvador, pp. 67-119.
- Lie, U., Pamatmat, M.M., 1965. Digging characteristics and sampling efficiency of the 0.1 m² van Veen grab. *Limnology and Oceanography* 10, 379-384.
- Maurer, D., 2000. The dark side of taxonomic sufficiency (TS). *Marine Pollution Bulletin* 40, 98-101.
- Mendes, C.L.T., Tavares, M., Soares-Gomes, A., 2007. Taxonomic sufficiency for soft-bottom sublittoral mollusks assemblages in a tropical estuary, Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 54, 377-384.
- Munro, C., 2005. Diving systems. In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (Eds.), *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science, Oxford, 3 ed., pp. 112-158.
- Olsgard, F., Somerfield, P.J., Carr, M.R., 1997. Relationships between taxonomic resolution and data transformations in analyses of a macrobenthic community along an established pollution gradient. *Marine Ecology Progress Series* 149, 173-181.
- Olsgard, F., Somerfield, P.J., 2000. Surrogates in marine benthic investigations - which taxonomic unit to target? *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 7, 25-42.
- Pagola-Cardé, S., Urkiaga-Alberdi, J., Bustamante, M., Saiz-Salinas, J.I., 2002. Concordance degrees in macrozoobenthic monitoring programmes using different

sampling methods and taxonomic resolution levels. *Marine Pollution Bulletin* 44, 63-70.

Puente, A., Juanes, J.A., 2008. Testing taxonomic resolution, data transformation and selection of species for monitoring macroalgae communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 28, 327-340.

Reish, D.J., 1959. A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. *Ecology* 40(2), 307-309.

Riddle, M.J., 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling programmes: caution advised. *Marine Biology* 103, 225-230.

Rodrigues, A.M., Meireles, S., Pereira, T., Quintino, V., 2007. Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. *Hydrobiologia* 587, 37-50.

Santos, E.M.R., Franklin, E., Magnusson, W.E., 2008. Cost-efficiency of subsampling protocols to evaluate oribatid-mite communities in an Amazonian Savanna. *Biotropica* 40(6), 728-735.

Schlacher, T.A., Wooldridge, T.H., 1996a. How accurately can retention of benthic macrofauna by a particular mesh size be predicted from body size of organisms? *Hydrobiologia* 323, 149-154.

Schlacher, T.A., Wooldridge, T.H., 1996b. How sieve mesh size affects sample estimates of estuarine benthic macrofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 201, 159-171.

Smith, K.L., Howard, J.D., 1972. Comparison of a grab sampler and large volume corer. *Limnology and Oceanography* 17, 142-145.

Somerfield, P.J., Clarke, K.R., 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. *Marine Ecology Progress Series* 127, 113-119.

Somerfield, P.J., Clarke, K.R., 1997. A comparison of some methods commonly used for the collection of sublittoral sediments and their associated fauna. *Marine Environmental Research* 43, 145–156.

Stoner, A.W., Greening, H.S., Ryan, J.D., Livingston, R.J., 1983. Comparison of macrobenthos collected with cores and suction sampler in vegetated and unvegetated marine habitats. *Estuaries* 6, 76–82.

- Sugiuo, K., 1973. *Introdução à sedimentologia*. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 317 p.
- Tanaka, M.O., Leite, F.P.P., 1998. The effect of sieve mesh size on the abundance and composition of macrophyte-associated macrofaunal assemblages. *Hydrobiologia* 389, 21-28.
- Terlizzi, A., Bevilacqua, S., Fraschetti, S., Boero, F., 2003. Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. *Marine Pollution Bulletin* 46, 556-561.
- Thayer, G.W., Williams, R.B., Price, T.J., Colby, D.R., 1975. A large corer for quantitatively sampling benthos in shallow water. *Limnology and Oceanography* 20, 474-481.
- Thompson, B.W., Riddle, M.J., Stark, J.S., 2003. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. *Marine Pollution Bulletin* 46, 232-243.
- Vanderklift, M.A., Ward, T.J., Jacoby, C.A., 1996. Effect of reducing taxonomic resolution on ordinations to detect pollution-induced gradients in macrobenthic infaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 136, 137-145.
- Warwick, R.M., 1988. Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langesundfjord at taxonomic levels higher than species. *Marine Ecology Progress Series* 46, 167-170.
- Wildish, D.J., Hargrave, B.T., Pohle, G., 2001. Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *ICES Journal of Marine Science* 58, 469-476.

7. APÊNDICE – Táxons amostrados ao longo do Estuário do Rio Subaé, Baía de Todos os Santos (Bahia-Brasil).

TÁXONS	VAN VEEN			CORER		
	0,5 mm	0,7 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,7 mm	1,0 mm
Nemertea						
Morfotipo 1	--	1	3	1	2	--
Morfotipo 2	--	--	1	--	--	--
Mollusca						
<i>Abra</i> sp.	1	--	--	--	--	--
<i>Anadara</i> sp.	1	1	1	--	--	--
<i>Anachis</i> sp.	--	1	--	--	--	--
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	--	--	1	--	1	--
<i>Arca imbricata</i>	1	1	4	--	1	--
Columbellidae Morf. 1	3	--	--	--	--	--
<i>Corbula caribaea</i>	--	3	--	3	4	5
<i>Corbula cubaniana</i>	1	--	5	--	--	--
<i>Chione subrostrata</i>	2	2	7	--	5	8
<i>Diplodonta patagonica</i>	--	--	1	--	--	--
<i>Diplodonta nucleiformes</i>	--	--	--	1	--	--
<i>Ischnochiton</i> sp.	--	1	--	--	--	1
Ostreidae Morf. 1	3	--	3	--	1	--
Semelidae Morf. 1	--	--	--	--	1	1
<i>Tellina</i> sp.	335	277	248	158	164	121
<i>Tellina mera</i>	--	--	--	--	--	4
<i>Tagelus plebeius</i>	2	--	3	2	--	--
<i>Trachycardium muricatum</i>	--	--	1	2	2	--
<i>Turbonilla</i> sp.	1	--	--	--	4	--
Polychaeta						
Ampharetidae Morf. 1	1	1	1	--	--	--
<i>Capitella</i> sp.	6	6	10	4	10	9
Cirratulidae Morf. 1	7	6	12	114	16	7
Cirratulidae Morf. 2	3	8	4	22	5	7
Dorvilleidae Morf. 1	--	--	--	--	1	--
<i>Glycera lapidum</i>	1	1	--	1	1	--
<i>Glycinde picta</i>	1	--	--	2	--	1
<i>Laeonereis culveri</i>	4	3	1	5	3	1
Lumbrineridae Morf. 1	--	1	--	5	--	5
Maldanidae Morf. 1	3	9	3	25	16	15
Maldanidae Morf. 2	--	--	--	1	1	--
<i>Magelona papillicornis</i>	9	6	8	16	16	1
Nereididae Morf. 1	--	--	1	--	--	--
<i>Notomastus</i> sp.	--	2	--	--	1	--
Orbiniidae Morf. 1	1	4	3	4	1	--
Onuphidae Morf. 1	--	1	--	--	--	--
Paraonidae Morf. 1	--	--	--	--	1	--
<i>Paraprionospio</i> sp.	1	--	--	--	--	3
Pectinariidae Morf. 1	--	--	--	--	--	1
Polynoidae Morf. 1	--	1	1	--	--	--
Polynoidae Morf. 2	1	2	1	--	2	2
Sabellidae Morf. 1	--	--	1	--	1	1
Sabellidae Morf. 2	20	12	21	1	8	3
<i>Scoloplos</i> sp.	10	--	3	5	5	--
<i>Sigambra grubei</i>	1	--	1	--	1	1
Spionidae Morf. 1	11	10	2	--	11	--
<i>Sternaspis</i> sp.	2	1	--	1	2	--
Syllidae Morf. 1	--	--	--	2	--	--
Syllidae Morf. 2	9	2	2	5	16	4
Syllidae Morf. 3	9	1	10	11	9	--
Terebellidae Morf. 1	11	2	2	3	3	1
Trichobranchidae Morf. 1	--	--	3	2	1	1
Trochochaetidae Morf. 1	--	--	--	--	1	--
Polychaeta NI 1	1	--	1	23	1	5
Crustacea						
Ostracoda Morf. 1	--	--	--	1	--	--
Pycnogonida Morf. 1	1	--	--	--	1	--
Pycnogonida Morf. 2	--	--	--	--	1	--
Caprellidae Morf. 1	1	--	--	--	--	--
Anthuridae Morf. 1	2	--	--	3	5	--
Gammaridea Morf. 1	--	1	--	--	--	--
Alpheidae Morf. 1	--	1	--	--	--	--

TÁXONS	VAN VEEN			CORER		
	0,5 mm	0,7 mm	1,0 mm	0,5 mm	0,7 mm	1,0 mm
Crustacea						
Dendrobranchiata Morf. 1	--	--	1	--	1	3
Dendrobranchiata Morf. 2	1	--	1	--	--	--
Dendrobranchiata Morf. 3	1	--	--	--	--	--
Dendrobranchiata Morf. 4	1	--	--	--	--	--
Dendrobranchiata Morf. 5	2	--	--	--	--	--
<i>Panopeus</i> sp.	2	2	1	--	--	3
Brachyura NI 1	--	--	1	--	--	--
Crustacea NI 1	--	--	--	1	--	--
Sipuncula						
Morfotipo 1	1	2	--	2	--	--
Echinodermata						
<i>Amphipholis squamata</i>	--	--	--	--	1	--
N° DE INDIVÍDUOS	474	372	373	426	327	214
N° DE TÁXONS	40	32	37	30	40	26

III. Conclusão Geral

Análises de aspectos metodológicos são de extrema importância para o avanço dos estudos científicos. O aprimoramento dos métodos bem como o aumento no conhecimento sobre a adequabilidade de cada um por parte dos ecólogos propicia maior confiabilidade nos resultados obtidos nas mais diferentes avaliações ecológicas. O presente estudo foi dividido em três etapas e, ao fim destas, pôde-se fornecer uma boa contribuição para o avanço nas discussões metodológicas em estudos de assembléias macrozoobentônicas.

Através da revisão realizada no primeiro capítulo foi possível traçar padrões gerais em relação aos métodos frequentemente utilizados na literatura e dos questionamentos em torno destes. Assim, foi observado que a combinação metodológica mais utilizada em ambientes marinhos rasos atualmente é “amostrador van Veen + lavagem *in situ* sob malha de 0,5 mm + fixação em formalina + preservação em álcool + identificação ao nível de espécie”. Apesar disto, discussões sobre cada um destes aspectos são constantes e muitas vezes contraditórias. Nesse sentido, traçamos novos direcionamentos para futuras avaliações metodológicas, no qual sugerimos maior foco na análise da influência dos diferentes métodos (especialmente combinações) nos padrões espaciais, bem como a análise das razões custo-benefício.

Por conseguinte à revisão, foram realizados dois trabalhos de campo para avaliar alguns aspectos metodológicos de acordo com o sugerido no primeiro capítulo. Assim, primeiramente buscamos avaliar o efeito dos diferentes procedimentos de preservação utilizados nos padrões quantitativos obtidos. Observamos diferenças significativas no número de indivíduos de poliquetas, com amostras de formol contendo sempre um maior número de indivíduos e de táxons para toda assembléia macrofaunal, todavia este último resultado não foi significativo. Discutimos as vantagens e desvantagens do uso de cada procedimento, chegando à conclusão que, se tomado o devido cuidado no manuseio das amostras, o uso da formalina parece apresentar a melhor razão custo-benefício. Entretanto, o uso do álcool sem fixação prévia não é totalmente condenado, visto que padrões espaciais gerais não foram distintamente observados ao utilizar os diferentes procedimentos. Sugerimos maiores esforços na avaliação dos efeitos dos procedimentos de preservação de amostras bentônica nos caracteres morfológicos de alguns organismos (especialmente poliquetas).

O terceiro e último capítulo trouxe uma abordagem multifatorial para análise de diferentes aspectos metodológicos (tipo de amostrador, tamanho de malha e resolução taxonômica). Através de análises de variância não observamos diferenças significativas nos padrões quantitativos obtidos para os métodos analisados. Entretanto, ao analisar a influência destes nos padrões espaciais (gradiente estuarino), foi possível visualizar que os diferentes amostradores descreveram distintamente o padrão espacial, sendo que o uso de amostras compostas coletadas com *corer* (três réplicas somando uma amostra) não propiciou claras separações entre os pontos amostrados, destacando-se somente os pontos com diferenças mais drásticas (pontos 2, 8 e 9). Além disso, apesar da diminuição no tempo de triagem com o aumento do tamanho da abertura da malha, o padrão observado foi levemente alterado (especialmente em amostra tratadas com malha de 1,0 mm). Em termos de resolução taxonômica, observamos que o uso do nível de família é viável e discutimos a combinação de todos estes aspectos através na análise da razão custo-benefício analisada. Assim, considerando os resultados encontrados nos capítulos 2 e 3, a combinação 'amostrador van Veen + malha de 1,0 mm + fixação em formalina + preservação em álcool + nível de família' apresentou a melhor razão custo-benefício.

Apesar dos resultados aqui obtidos serem uma contribuição substancial para o avanço dos estudos de assembléias bentônicas marinhas, ainda existem importantes questões metodológicas a serem respondidas. Nesse sentido, sugerimos que em estudos futuros pesquisadores tomem como base os direcionamentos aqui propostos, bem como os padrões observados e questões discutidas.

ANEXOS

ELSEVIER

- [Home](#)
- [Products](#)
- [Alerts](#)
- [User Resources](#)
- [About Us](#)
- [Support & Contact](#)
- [Elsevier Websites](#)

 [Advanced Product Search](#)[Browse Journals](#) > [Continental Shelf Research](#) > [Guide For Authors](#)


Continental Shelf Research



ISSN: 0278-4343

Imprint: PERGAMON

Actions

-  [Submit Article](#)
-  [Order Journal](#)
-  [Free Sample Issue](#)
-  [Recommend to Friend](#)
-  [Bookmark this Page](#)


Statistics

Impact Factor: 2.136


5-Year Impact Factor: 2.553

Issues per year: 20

Additional Information

- [Related Publications](#)
- [Editorial Board](#)
-  [Login to Editorial System](#)
- [Advertisers Media Information](#)

Readers

- [Order Journal](#)
-  [Access Full-Text](#)
-  [Free Sample Issue](#)
-  [Volume/Issue Alert](#)
-  [Free Tables of contents and abstracts](#)

- [Special Issues](#)

Authors

- [Authors Home](#)
- [Submit an Article](#)
- [Track Your Accepted Articles](#)
- [Guide for Authors](#)
- [Artwork instructions](#)
- [Authors Rights](#)
- [Funding Bodies Compliance](#)

Librarians

- [Librarians Home](#)
- [Ordering Information and Dispatch Dates](#)
- [Abstracting/Indexing](#)

Editors

- [Editors Home](#)
- [Article Tracking for Editors](#)
- [Ethics Questions \(PERK\)](#)

Reviewers

- [Reviewers Home](#)

Advertisers/Sponsors

- [Advertisers Home](#)
- [Reprints Information](#)



Printer-friendly

Guide for Authors

BEFORE YOU BEGIN

- [Ethics in Publishing](#)
- [Conflict of interest](#)
- [Submission declaration](#)
- [Contributors](#)
- [Copyright](#)
- [Retained author rights](#)
- [Role of the funding source](#)
- [Funding body agreements and policies](#)
- [Language Services](#)
- [Submission](#)
- [Referees](#)

- [Page Charges](#)

PREPARATION

- [Use of wordprocessing software](#)
- [Article structure](#)
- [Essential title page information](#)
- [Abstract](#)
- [Keywords](#)
- [Abbreviations](#)
- [Acknowledgements](#)
- [Math formulae](#)
- [Artwork](#)
- [Tables](#)

- [References](#)

- [Reference style](#)
- [Video data](#)
- [Supplementary data](#)
- [Submission checklist](#)

AFTER ACCEPTANCE

- [Use of the Digital Object Identifier](#)
- [Proofs](#)
- [Offprints](#)
- [Author's Discount](#)

AUTHOR INQUIRIES



Before You Begin

Ethics in Publishing

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Language Services

Manuscripts should be written in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language.

Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

In the case of Special Issues, manuscripts should be submitted also through the online Submission System to the Guest Editor(s). Authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/csr/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of four potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Page Charges

Continental Shelf Research has no page charges.



Preparation

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Artwork**Electronic artwork***General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

⇒ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see ⇒ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Present incidental graphics not suitable for mention as figures, plates or schemes at the end of the article and number them "Graphic 1", etc. Their precise position in the text can then be indicated. See further under Electronic artwork. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left, but such embedding should not be done specifically for publishing purposes. Further, high-resolution graphics files must be provided separately.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either "Unpublished results" or "Personal communication" Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com>) and Reference Manager (<http://www.refman.com>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: 'as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a?', 'b?', 'c?', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51-59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York. Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281-304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to

Index Medicus journal abbreviations: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>;

List of serial title word abbreviations: <http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php>;

CAS (Chemical Abstracts Service): <http://www.cas.org/sent.html>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a maximum size of 30 MB and running time of 5 minutes. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
 - Full postal address
 - Telephone and fax numbers
- All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com>.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):

doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.



Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

[↑ Top of Page](#)



[Printer-friendly version](#)



ELSEVIER [Home](#) | [Elsevier Sites](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms and Conditions](#) | [Feedback](#) | [Site Map](#) | [A Reed Elsevier Company](#)

Copyright © 2010 [Elsevier B.V.](#) All rights reserved.

Instructions for Authors

Hydrobiologia

Aims and Scope

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and -oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test-objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope. All papers should be written in English. THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Categories of Contributions

There are four categories of contributions to Hydrobiologia:

- [1.] Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers MUST be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.
- [2.] Short research notes, 2–4 printed pages, present concise information on timely topics. Abstract, key words and references are required; the remainder is presented as continuous text.
- [3.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.
- [4.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

Online Manuscript Submission

Hydrobiologia has a fully web-enabled manuscript submission and review system. This system offers authors the option of tracking in real time the review process of their manuscripts. The online manuscript and review system offers easy and straightforward login and submission procedures. It supports a wide range of submission file formats, including Word, WordPerfect, RTF, TXT and LaTeX for article text and TIFF, EPS, PS, GIF, JPEG and PPT for figures. PDF is not a recommended format.

Authors are requested to download the Consent-to-Publish and Transfer of Copyrights form from this system. Please send a completed and signed form either by mail or fax to the Hydrobiologia Office.

NOTE:

By using the online manuscript submission and review system, it is NOT necessary to submit the manuscript also as printout + disk. If you encounter any difficulties while submitting your manuscript online, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on 'CONTACT US' from the toolbar.

Manuscripts should be submitted to:

<http://hydr.editorialmanager.com>

<http://hydr.edmgr.com>

Electronic Figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line-figures – 600 – 1200 dpi; photographs – 300 dpi; screen dumps – leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times New Roman, Courier and Helvetica.

Colour Figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer: 1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on www.springer.com and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language use is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

Preparing the Manuscript

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

The contents of manuscripts should be well-organized. Page one should show the title of the contribution, name(s) of the author(s), address(es) of affiliation(s) and up to six key words. The first page should also include the following statement: "This paper has not been submitted elsewhere in identical or similar form, nor will it be during the first three months after its submission to Hydrobiologia." The abstract should appear on page two. The body of the text should begin on page three. Names of plants and animals and occasional expressions in Latin or Greek should be typed in italics. All other markings will be made by the publisher.

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as

follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

- Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.
- Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.
- Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.
- Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

Offprints and Copyright

Fifty offprints of each article will be provided free of charge. Additional offprints can be ordered by the corresponding author. The corresponding author of each paper accepted for publication will receive a Consent-to-Publish/Copyright form to sign and return to the Publisher as a prerequisite for publication.

Developments in Hydrobiology

The book series *Developments in Hydrobiology* reprints verbatim, but under hard cover, the proceedings of specialized scientific meetings which also appear in *Hydrobiologia*, with the aim of making these available to individuals not necessarily interested in subscribing to the journal itself. Papers in these volumes must be cited by their original reference in *Hydrobiologia*. In addition, *Developments in Hydrobiology* also publishes monographic studies, handbooks, and multi-author edited volumes on aquatic ecosystems, aquatic communities, or any major research effort connected with the aquatic environment, which fall outside the publishing policy of *Hydrobiologia*, but are printed in the same format and follow the same conventions. Guest editors of such volumes should follow the guidelines presented above and are responsible for all aspects of presentation and content, as well as the refereeing procedure and the compilation of an index. Prospective editors of special, subject-oriented volumes of *Hydrobiologia/Developments in Hydrobiology* are encouraged to submit their proposals to the editor-in-chief.

www.springer.com/prod/s/DIHY

Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please click on the link below to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

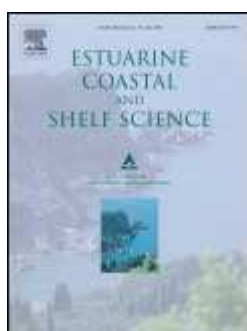
www.springer.com/openchoice

ELSEVIER



- [Home](#)
- [Products](#)
- [Alerts](#)
- [User Resources](#)
- [About Us](#)
- [Support & Contact](#)
- [Elsevier Websites](#)

 [Advanced Product Search](#)[Browse Journals](#) > [Estuarine, Coastal and Shelf Science](#) > [Guide For Authors](#)

Estuarine, Coastal and Shelf Science

**ISSN:** 0272-7714**Imprint:** ELSEVIER


Actions

-  [Submit Article](#)
-  [Order Journal](#)
-  [Free Sample Issue](#)
-  [Recommend to Friend](#)
-  [Bookmark this Page](#)




Statistics

Impact Factor: 2.072**5-Year Impact Factor:** 2.462**Issues per year:** 20

Additional Information

- [Editorial Board](#)
-  [Login to Editorial System](#)
- [Advertisers Media Information](#)

Readers

- [Order Journal](#)
-  [Access Full-Text](#)
-  [Free Sample Issue](#)
-  [Volume/Issue Alert](#)
-  [Free Tables of contents and abstracts](#)

Authors

- [Authors Home](#)
- [Submit an Article](#)
- [Track Your Accepted Articles](#)
- [Guide for Authors](#)
- [Artwork instructions](#)
- [Authors Rights](#)
- [Funding Bodies Compliance](#)

Librarians

- [Librarians Home](#)
- [Ordering Information and Dispatch Dates](#)
- [Abstracting/Indexing](#)

Editors

- [Editors Home](#)
- [Article Tracking for Editors](#)
- [Ethics Questions \(PERK\)](#)

Reviewers

- [Reviewers Home](#)

Advertisers/Sponsors

- [Advertisers Home](#)
- [Reprints Information](#)



Printer-friendly

Guide for Authors

BEFORE YOU BEGIN

- [Ethics in Publishing](#)
- [Conflict of interest](#)
- [Submission declaration](#)
- [Contributors](#)
- [Retained author rights](#)
- [Role of the funding source](#)
- [Funding body agreements and policies](#)
- [Language and language services](#)
- [Submission](#)

- [Submit your article](#)
- [Referees](#)

PREPARATION

- [Article structure](#)
- [Essential title page information](#)
- [Abstract](#)
- [Abbreviations](#)
- [Acknowledgements](#)
- [Nomenclature and units](#)
- [Math formulae](#)

- [Artwork](#)

- [Tables](#)

- [References](#)

- [Video data](#)

- [Supplementary data](#)

- [Submission checklist](#)

AFTER ACCEPTANCE

- [Use of the Digital Object Identifier](#)

- [Proofs](#)

- [Author's Discount](#)

AUTHOR INQUIRIES

Types of paper

Estuarine, Coastal and Shelf Science is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The

journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged.

Research areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters.

Up-front rejections of papers submitted to Estuarine, Coastal and Shelf Science

ECSS handles about 1000 papers per year and over 3000 reviewers are involved in assisting the journal each year.

As editors we follow the declared guidelines for the journal and we also receive advice and comments from the publishers, and members of the editorial board as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase.

The papers are subject to an initial technical pre-screening process by the publisher. This process checks on submission format and examines matters such as the provision of suitable keywords and legible figures. It also tries to check up on the standard of English, as it is totally inappropriate to expect a reviewer to undertake linguistic revision.

The pre-screening process however makes no judgement on the suitability of the paper for ECSS. This judgement is made by one of the editors who will up-front reject a paper judged unsuitable without going to review. These up-front rejections are due to three principal reasons:

Firstly, we receive several papers each year that have been submitted to the "wrong journal". We have received, for example, papers on inland freshwater lakes or palaeontology, and other topics which are clearly beyond the scope of the journal. As a simple guide, if there is no mention of any previous ECSS paper in the reference list, it strongly suggests that the paper has been submitted to the wrong journal.

Secondly, papers that are "data reports" or "reports of local interest" will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!"

Thirdly, other reasons for up-front rejection can be a lack of a valid Discussion which integrates the study with the peer-reviewed literature or else relies on excessive self-citation, or a lack of appropriate statistical analysis, or purely statistical analyses without considering processes.

We at ECSS seek that all papers are based on hypothesis testing and that the hypotheses should be of general and international interest. We are interested in contributions that add to general knowledge, and move the field forward.

By up-front rejection we hope to give the authors a chance to quickly submit to a more appropriate journal. We do accept that we will sometimes make mistakes in this process, but we do this to protect the reviewers by offering them only relevant papers that are potentially publishable in ECSS. Up-front rejected papers will not be reconsidered for publication and we have a similar policy for papers rejected after review.



Before You Begin

Ethics in Publishing

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication

elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has pre-printed forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Language and language services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

In the case of Special Issues, manuscripts should be submitted to the Guest Editor(s). Authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion.

The above represents a very brief outline of this type submission. It can be advantageous to print this "Guide for Authors" section from the site for reference in the subsequent stages of article preparation.

Note: electronic articles submitted for the review process may need to be edited after acceptance to follow

journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below.

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.

After peer review, authors will have a 60 days period for submitting their revised manuscript.

Submit your article

Please submit your article via  <http://ees.elsevier.com/ecss/>


Referees

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.



Preparation

Use of word-processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed "graphically designed" equations or tables, but prepare these using the word processor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier:  <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2 ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature. The Results and Discussion should be separate sections and should not be amalgamated.

Conclusions

A short Conclusions section can be presented at the end of the Discussion.

Place Acknowledgements, including information on grants received, before the references in a separate section, and not as a footnote on the title page. Figure captions, tables, figures and schemes should be presented in this order at the end of the article. They are described in more detail below.

Glossary

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article if applicable.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on.

Paper length

The paper should not contain more than 8000 words, and not more than 8 figures and 3 tables.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Authors must provide 4 to 6 keywords plus regional index terms. At least four of the subject keywords should be selected from the Aquatic Science & Fisheries Thesaurus. An electronic version of the Thesaurus can be found at <http://www.csa.com/csa/support/demo.shtml>. You may also find a paper version in your library. The Regional Terms should be provided as a hierarchical string (e.g.: USA, California, Monterey Bay). Authors are also encouraged to submit geographic bounding coordinates at the end of the keyword string. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article if applicable.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Reporting of Salinity Measurements

In articles in ECSS, salinity should be reported using the Practical Salinity Scale. In the Practical Salinity Scale salinity is defined as a pure ratio, and has no dimensions or units. By decision of the Joint Panel of Oceanographic Tables and Standards it does not have any numerical symbol to indicate parts per thousand. Salinity should be reported as a number with no symbol or indicator of proportion after it. In particular, it is not correct to add the letters PSU, implying Practical Salinity Units, after the number.

An example of correct phrasing is as follows: 'The salinity of the water was 34.2'. It is reasonable to state at some point early in the paper that salinity was measured using the Practical Salinity Scale.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal

line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

☞ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your word processor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see ☞ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Responsibility for the accuracy of bibliographic citations lies entirely with the Author(s). Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can

be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

All citations in the text should refer to:

1. 1. Single Author's name (without initials) and year of publication.
2. 2. Two Authors' names and the year of publication.
3. 3. Three or more Authors; first Author's name followed by "et al." and the year of publication.

In the list of references names of authors and all co-authors must be given in full.

References in the text should be arranged chronologically.

References in the Reference List should be arranged first alphabetically, and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same Author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

References to a journal publication:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Journal name (given in full), volume number: first and last page numbers of the paper.

Gooday, A.J., Bett, B.J., Shires, R., Lamshead, P.J.D., 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep Sea Research Part II* 45, 165-201.

References to a book:

Names and initials of all authors, year. Title of the book. Publisher, location of publisher, total number of pages.

Fennel, W. and Neumann, T., 2004. *Introduction to the Modelling of Marine Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 297 pp.

Reference to a chapter in an edited book:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Names and initials of the volume editors, title of the edited volume. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Thomas, E., 1992. Middle Eocene-late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddell Sea): faunal changes and implications for ocean circulation. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), *Eocene Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 245-271.

Conference proceedings papers:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Name of the conference. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Smith, M.W., 1988. The significance of climatic change for the permafrost environment. *Final Proceedings International Conference on Permafrost*. Tapir, Trondheim, Norway, pp. 18-23.

Unpublished theses, reports, etc.: Use of unpublished theses and reports is strongly discouraged. If they are essential and the editors agree, you must supply:

Names and initials of all authors, year. Title of item. All other relevant information needed to identify the item (e.g., technical report, Ph.D. thesis, institute, current status i.e. in press/unpublished etc.).

Moustakas, N., 1990. Relationships of Morphological and Physiochemical Properties of Vertisols under Greek Climate Conditions. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greece, unpublished.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. Titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a note such as '(in Russian)' or '(in Japanese, with English Abstract)' should be added at the end of the reference.

The following provide examples of appropriate citation formats for non-text and electronic-only information.

However, it is requested that a Web site address or list server message is given as a reference ONLY where the information is unavailable in a more permanent form. If such sources are given, then please give as complete information as possible.

Jones, P., 1996. Research activities at Smith Technology Institute. WWW Page, ⇨ http://www.sti.com/about_us/research.

Smith, F., Peabody, A.N., 1997. Hydrographic data for the Sargasso Sea, July-September 1993, SarSea mission. (Deep-Sea Data Centre, Hull, UK), online, dataset, 740 MB, ⇨ <http://www.dcdc.gov>.

Green, A., 1991. Deformations in *Acanthaster planci* from the Coral Sea, observed during UEA Special Project 7, July 1978. *Journal of Pollution Research* 14 (7) suppl., CD-ROM, photographic images, 240 MB.

James, Z., 1997. Ecological effects of sea wall construction during 1994 at Bridlington, UK. List server Message, Eco-list, 20 October 1995.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research.

Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should

be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a maximum size of 30 MB and running time of 5 minutes. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com>.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):
doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this

proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional paper off-prints can be ordered by the authors. An order form with prices will be sent to the corresponding author.

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.



Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

[↑ Top of Page](#)



[Printer-friendly version](#)



ELSEVIER [Home](#) | [Elsevier Sites](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms and Conditions](#) | [Feedback](#) | [Site Map](#) | [A Reed Elsevier Company](#)

Copyright © 2010 [Elsevier B.V.](#) All rights reserved.