



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - RIO CLARO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA), NÍVEL DE DOUTORADO

DIVERSIDADE DA ICTIO E CARCINOFAUNA DO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS-SÃO VICENTE (SP), BRASIL: UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL

MARCELO RICARDO DE SOUZA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Rio Claro
2017

MARCELO RICARDO DE SOUZA

DIVERSIDADE DA ICTIO E CARCINOFAUNA DO SISTEMA ESTUARINO DE SANTOS-SÃO VICENTE (SP), BRASIL: UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

**Rio Claro
2017**

591.92 Souza, Marcelo Ricardo
S729d Diversidade da ictio e carcinofauna do Sistema Estuário
de Santos-São Vicente (SP), Brasil: uma ferramenta para a
avaliação da integridade ambiental / Marcelo Ricardo Souza. -
Rio Claro, 2017
66 f. : il., figs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Marcelo Antonio Amaro Pinheiro

1. Fauna marinha. 2. Fauna aquática. 3. Estuários. 4.
Crustáceos. 5. Peixes. 6. Escalonamento multidimensional
não-métrico. 7. Perfil de diversidade de Rényi. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DIVERSIDADE DA ICTIO E CARCINOFAUNA DO SISTEMA ESTUÁRIO DE SANTOS (SP), BRASIL: UMA FERRAMENTA PARA A AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL

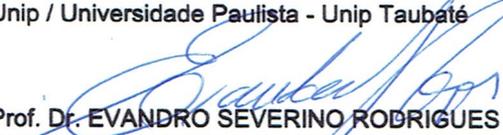
AUTOR: MARCELO RICARDO DE SOUZA

ORIENTADOR: MARCELO ANTONIO A PINHEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO ANTONIO A PINHEIRO
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP


Profa. Dra. MARIA HELENA DE ARRUDA LEME
Unip / Universidade Paulista - Unip Taubaté


Prof. Dr. EVANDRO SEVERINO RODRIGUES
APTA / Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento / Centro APTA de Pescado Marinho


Profa. Dra. CAROLINA PACHECO BERTOZZI
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP


Profa. Dra. URSULLA PEREIRA SOUZA
UNISANTA / Universidade Santa Cecília

Rio Claro, 17 de fevereiro de 2017

Ao meu avô...

*“Nossa vida não vai estar acontecendo
apenas quando eu chegar onde eu quero...
ir é o mais importante”*

Monja Coen

AGRADECIMENTOS

O meu agradecimento às instituições e pessoas que contribuíram de diferentes maneiras para a realização deste trabalho, especialmente:

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES)*, pela concessão de auxílio financeiro durante o desenvolvimento da tese, ao *Instituto de Pesca/APTA/SAA/SP* pela concessão do afastamento e a Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, em especial a todos da Seção de Pós-graduação do Instituto de Biociências por todo auxílio.

Ao *Prof. Dr. Marcelo A. A. Pinheiro*, meu orientador, pelo acolhimento junto a sua equipe incrível do CRUSTA, pela confiança e principalmente pela amizade que fortaleceu elos que irão perdurar por muitas publicações e projetos, a dedicação a ciência e a métrica são exemplos que irei seguir por toda minha carreira.

Aos membros da minha banca de qualificação, *Prof. Dr. Patricio Alejandro Hernández Bové* e *Prof. Dr. Teodoro Vaske Junior*, pelas importantes colocações, e antecipadamente, aos membros da minha banca de defesa, pela atenção dispensada e futuras contribuições.

A todos os colegas do *Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA)*, da *UNESP IB/CLP*, por todos os momentos de convivência.

A todos os funcionários do *Instituto de Pesca/APTA/SAA/SP* por todo apoio e auxílio, mais que um local de trabalho estar ali é como estar em família, e especialmente aos meus colegas do *Laboratório de Estudos Estuarinos (LEST)*, Acácio R. G. Tomás, Cláudia M. D. Mucinhato, Ingrid C. Machado, Lucio Fagundes, Rodrigo Malimpensa e Sergio L. S. Tutui, por todos estes anos de parceria, reuniões, projetos, saídas de campo, análises e tantas outras etapas, vocês foram a semente e a inspiração.

A minha colega de caminhada rumo ao doutoramento, *Prof. Dra. Caroline Araújo de Souza*, o agradecimento será eterno, tantas dicas, auxílios, parcerias, disciplinas e risadas.

Especialmente ao meu amigo *Pedro Mestre*, mesmo não estando mais entre nós você sempre será um exemplo de dedicação à ciência e amizade; tenho poucos amigos nesta vida e agora um deles engrandece uma outra dimensão.

A minha amada esposa, *Luciana Avila*, ao meu filho *Mikael*, a minha sogra *Ideli* e ao mais novo rebento *Noah*, sem vocês nada seria possível, nem mesmo um único passo em direção ao que estou para conquistar, obrigado por suportar os momentos mais difíceis e compartilhar os mais alegres.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVO GERAL.....	2
REFERÊNCIAS.....	3
CAPÍTULO 1	
A COMUNIDADE DE PEIXES É AFETADA POR MÚLTIPLOS ESTRESSORES NUM SISTEMA ESTUARINO SUBTROPICAL?.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1 Área de estudo.....	8
2.2 Coletas e métricas utilizadas.....	9
2.3 Identificação dos estressores ambientais	10
2.4 Análise dos dados	11
3. RESULTADOS	13
3.1. Padrões ambientais.....	13
3.2. Descritores da comunidade de peixes.....	14
4. DISCUSSÃO	23
5. REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 2	
A FAUNA DE CRUSTÁCEOS DECÁPODOS COMO INDICADOR DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM ESTUÁRIO TROPICAL.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1 Área de estudo.....	38
2.2 Coletas e métricas utilizadas.....	40
2.3 Identificação dos estressores ambientais	40
2.4 Análise dos dados	41
3. RESULTADOS	42
3.1 Fatores Ambientais	42
3.2. Macrofauna de crustáceos.....	43
4. DISCUSSÃO	50
5. REFERÊNCIAS	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

RESUMO

Os estuários estão entre as áreas mais produtivas do planeta, sendo fundamentais ao ciclo de vida de muitas espécies e detentoras de elevado valor agregado. O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) é conhecido por seu histórico de degradação ambiental, pela presença de uma expressiva área portuária, industrial, moradias ilegais (palafitas), além da descarga de esgoto e emprego para atividades pesqueiras. Apesar de sua intensa ocupação, poucos estudos têm sido efetuados sobre sua fauna aquática, em especial sobre a ictio e carcinofauna. Desta forma, a fauna de peixes e crustáceos foi avaliada com o intuito de inferir sobre o status de qualidade ambiental deste estuário. Foram realizadas coletas mensais por arrasto, durante dois anos, em nove áreas com diferentes pressões antropogênicas. Neste período, foram coletadas 93 espécies de peixes e 24 de crustáceos, com 12.170 e 2.164 indivíduos, respectivamente. Duas espécies de peixes apresentaram abundância muito superior às demais: *Diapterus rhombeus* (carapeba; Gerreidae) e *Genidens genidens* (bagre; Ariidae), representando 57% da abundância; o mesmo ocorreu com os crustáceos, no caso com apenas uma espécie, *Callinectes danae* (siri azul; Portunidae), que representou 58% da abundância destes artrópodos. Em relação a densidade dos peixes em sua maioria foram marinho-migrantes (57%), ocupando principalmente a área do alto estuário com grande abundância e baixa biomassa proporcional, em segundo lugar foram estuarino-residentes (31%), ocorrendo principalmente nas áreas localizadas nos canais principais do estuário. Considerando os resultados das duas comunidades, peixes e crustáceos, o SES foi classificado como moderadamente impactado, a diversidade foi maior na entrada do Canal do Porto e reduzida na região do alto estuário. A hipótese de diferenciação das comunidades de peixes e crustáceos em função dos impactos locais foi refutada, mas associada às variáveis ambientais, em especial a salinidade, bem como às questões biológicas dos grupos funcionais. O aumento da pressão antrópica no SES é uma realidade em decorrência das atividades portuárias e do maior adensamento populacional humano, indicando-se como recomendação que seja adotado um monitoramento da fauna aquática mais efetivo e de longa duração, para uma avaliação contínua da magnitude e variação (espacial e temporal) dos impactos antrópicos.

Palavras-chave: crustáceos, peixes, diversidade, escalonamento multidimensional não-métrico, perfil de diversidade de Rényi, porto.

ABSTRACT

The estuaries are one of the most productive place on planet, essential to the life cycle of many species and high earned value. The Santos-São Vicente Estuary System (SES) is known for its history of environmental degradation, the presence of a significant harbor area, industrial, irregular dwellings (stilt houses), as well as the sewage discharge and employment for fishing activities. Despite its history, few studies about aquatic fauna have been made, especially about the ichthyo and carcinofauna. Because of that fishes and crustaceans was evaluated in order to analyse the environmental quality status of the estuary. Sampling was carried out for two years in 9 stations with differents anthropogenic pressures. A total of 12,170 fishes and 2,164 crustaceans from 93 and 24 taxas, respectively were captured. Two fishes, *Diapterus rhombeus* and *Genidens genidens* and one crustacean, *Callinectes danae*, showed high abundance (57% and 58% of total). For fishes, the major density was marine-migrants (57%), mainly on the high estuary with high abundance and low proportional biomass, the second guild were the estuarine-residents (31%), mostly on the main channels. The SES was classified as moderately impacted, the entrance of Harbor Channel showed the highest diversity in contrast of the high estuarine area. The hypothesis of local impacts over community was reject, the communities in general seem to be adapted by the existing pressures. The increase of anthropic pressure in the SES is a reality due to the port activities and human population density, for that reason an effective and long-term monitoring of aquatic fauna is recomended that continuously assesses the magnitude and variation (Spatial and Temporal) of anthropic impacts.

Key-words: crustaceans, fishes, diversity, non-metric multidimensional scaling, Rényi's diversity profile, harbor.

INTRODUÇÃO GERAL

Um estuário pode ser definido como um corpo de água costeiro, semifechado, com conexão livre com o mar aberto, onde a água do mar encontra-se diluída pelo aporte de água doce proveniente da drenagem terrestre (PRITCHARD, 1967). Assim, são ambientes de extrema importância por seu valor cênico e elevada relevância ecológica, pois atuam como berçários de várias espécies, sendo resultado da combinação de sua baixa profundidade, alta disponibilidade de nutrientes e maior penetração de luz na coluna d'água (CASTRO, 2001; CHAGAS, 2005; VIEIRA et al., 2002). Por outro lado, são ambientes historicamente afetados por pressões antrópicas, principalmente aqueles associados a elevados adensamentos humanos e portuário-industriais (SO, 1978). O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), está inserido na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), a área mais urbanizada do litoral paulista, apresentando grande adensamento demográfico, o maior porto da América Latina e uma das mais importantes áreas siderúrgicas do país (LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001). Além dos vários parâmetros abióticos, que podem se acumular ao longo do tempo, a expansão portuária é uma realidade local, considerando a Lei de Modernização Portuária, que instituiu um novo regime de exploração dos portos e instalações (Lei nº 8.630/1993), o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e a criação da Secretaria Especial de Portos, têm impulsionado expressivamente o crescimento deste setor. Desde fevereiro/2010 o canal de navegação do Porto de Santos vem sendo aprofundado em 3 metros (12 para 15 m) e alargado em 70 metros (150 para 220 m), requerendo, a partir disso, de dragagens de manutenção constantes pelo grande aporte de sedimentos na região (CUNHA, 2006). Para SILVA & FIGUEIREDO (2002), os aspectos potencialmente poluidores fazem parte da realidade da região, um fato que se acentua com as dragagens, descarte de efluentes de navios (carga e turismo), rejeitos/esgotos indústrias e outros agravos promovidos pelos aglomerados urbanos, geralmente com graves deficiências em seu planejamento.

A pesca também pode ser considerada um elemento impactante ao ambiente, seja ela praticada de forma profissional, artesanal ou esportiva, compreendendo um expressivo número de pescadores e diversos métodos de captura (BLABER et al., 2000; JOYEUX; PEREIRA; ALMEIDA, 2004). No SES a atividade pesqueira é relevante às suas comunidades tradicionais, que exploram diversos recursos pesqueiros (principalmente peixes, crustáceos e moluscos), utilizando métodos tradicionais, como a cata, amalhe, espinhel, gerival, puçá, tarrafá, entre outros (GEFE et al., 2004; SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES; VAZ-DOS-SANTOS, 2008; SEVERINO-RODRIGUES; PITA; GRAÇA-LOPES, 2001).

A constante modificação imposta a este ambiente, seja por diferentes tensores antrópicos ou formas de uso, além da própria dinâmica natural, cria um cenário preocupante quanto à sua gestão. Pouco se sabe sobre a influência destes fatores sobre a estrutura básica das comunidades de peixes e crustáceos e, apesar dos constantes estudos para a instalação de novos empreendimentos, tais informações na maioria das vezes não são disponibilizadas, padronizadas e/ou sistematizadas.

A degradação é um dos principais fatores que impactam as comunidades estuarinas (HAIMOVICI; KLIPPEL, 1999). Variações sazonais das populações de peixes e crustáceos nos estuários, bem como suas inter-relações com fatores ambientais, podem fornecer subsídios para avaliações da integridade ambiental (BARLETTA et al., 2005; PAIVA FILHO; TOSCANO, 1987; YÁÑEZ-ARANCIBIA; LARA DOMÍNGUEZ; PAULY, 1994). Tais avaliações podem auxiliar os gestores numa constituição mais fidedigna dos cenários locais, com predições mais confiáveis sobre a degradação ambiental, bem como fornecendo subsídios ao gerenciamento, na tentativa de preservar a manutenção das populações naturais.

Neste contexto, a questão principal a ser respondida pelo presente projeto é se as alterações na estrutura das comunidades de peixes e crustáceos são causadas por fatores naturais ou antrópicos, com o estabelecimento da participação específica a cada um destes fatores. Para isso serão avaliados os padrões ecológicos e regulatórios destas comunidades, em escala espaço-temporal, permitindo inferir sobre a integridade biológica e saúde do SES. Além disso, pretende-se identificar as principais espécies da ictio e carcinofauna, sua associação funcional ao ambiente, distribuição e interação aos principais parâmetros, como ferramentas ao monitoramento da qualidade ambiental.

Neste sentido, a presente tese foi didaticamente dividida em dois capítulos, sendo um especificamente da fauna de peixes do SES, enquanto o outro, com a mesma abordagem porém sobre a composição e abundância dos crustáceos decápodos.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o estado de integridade ambiental do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), com base em indicadores biológicos e populacionais das comunidades de peixes e crustáceos decápodos, como ferramentas ao monitoramento e gestão ambiental.

Objetivos específicos

- a) Identificar as espécies de peixes e crustáceos decápodos, além de sua distribuição espaço-temporal, posição funcional no ambiente e sua associação aos parâmetros ambientais;
- b) Avaliar os padrões ecológicos e regulatórios das comunidades de peixes e crustáceos decápodos; e
- c) Identificar a importância ecológica das áreas estuarinas em estudo, seu *status* de preservação, relações com a degradação local e importância como nicho das comunidades de peixes e crustáceos decápodos.

REFERÊNCIAS

- BARLETTA, M. et al. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 66, p. 45–72, 2005.
- BLABER, S. J. M. J. M. et al. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 57, n. 3, p. 590–602, jun. 2000.
- CASTRO, A. C. L. Diversidade da assembléia de peixes em igarapés do estuário do rio Paciência (Ma–Brasil). **Atlântica**, v. 23, p. 39–46, 2001.
- CHAGAS, L. P. **Aspectos zoogeográficos da ictiofauna estuarina na Costa Leste das Américas (Oceano Atlântico Centro – Sul)**. [s.l.] Univ. Federal do Espírito Santo, 2005.
- CUNHA, I. A. DA. Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias. **Revista de Administração Pública**, v. 40, n. 6, dez. 2006.
- GEFE, W. et al. **Importância da Pesca Artesanal na Região da Baixada Santista**. IV Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde - CBPAS. **Anais...**Santos, SP: 2004
- HAIMOVICI, M.; KLIPPEL, S. **Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuarinos do Brasil**. **Habitat**. 1999
- JOYEUX, J. C.; PEREIRA, B. B.; ALMEIDA, H. G. DE. The flood-tide ichthyoplanktonic community at the entrance into a Brazilian tropical estuary. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 11, p. 1277–1287, 2004.
- LAMPARELLI, M. C.; COSTA, M. P. DA; PROSPERI, V. A. **Sistema estuarino de Santos e São Vicente**. São Paulo: CETESB, 2001.

PAIVA FILHO, A. M.; TOSCANO, A. P. Estudo comparativo e variação sazonal da ictiofauna na zona entremarés do Mar Casado-Guarujá e Mar Pequeno-São Vicente, SP. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 35, n. 2, p. 153–65, 1987.

PRITCHARD, D. W. **What is an Estuary: Physical Viewpoint****The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas**, 1967. Disponível em: <<http://books.google.se/books?id=Hc3MpwAACAAJ>>

SANTOS, J. L. DOS; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da Baixada Santista, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 375–389, 2008.

SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J. B.; GRAÇA-LOPES, R. DA. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 1, p. 7–19, 2001.

SILVA, O. R. DA; FIGUEIREDO, P. J. M. Considerações Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável da Atividade. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 20, p. 99–104, 2002.

SO, C. L. Environmental Pollution of Estuaries — A Problem of Hazards. **Environmental Conservation**, v. 5, n. 3, p. 205, 24 set. 1978.

VIEIRA, L. et al. Abundance and Diversity of the Fish Fauna of the Guadiana River Estuary and the Castro Marim Salt Marsh (SE Portugal). **Litoral 2002, The Changing Coast, EUROCOAST/EUCC**, p. 231–234, 2002.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A.; LARA DOMÍNGUEZ, A. L.; PAULY, D. Chapter 12 Coastal Lagoons as Fish Habitats. **Elsevier Oceanography Series**, v. 60, n. C, p. 363–376, 1994.

CAPÍTULO 1

A COMUNIDADE DE PEIXES É AFETADA POR MÚLTIPLOS ESTRESSORES NUM SISTEMA ESTUARINO SUBTROPICAL?

RESUMO

Os estuários são ecossistemas fundamentais ao desenvolvimento de diversas espécies de invertebrados e vertebrados, que usam estes ambientes de forma transitória e/ou permanente durante seu ciclo de vida. Além disso, são de grande importância antropogênica, sendo ocupados por diversas atividades como a agrícola, industrial, pesqueira, portuária, turística, entre outras. No Brasil, o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente possui um amplo histórico de degradação ambiental pela presença do maior porto da América Latina. Este estuário ainda é pouco conhecido quanto a composição, abundância, distribuição e estrutura de suas comunidades aquáticas, principalmente no caso da ictiofauna, assim como suas relações com efeitos antrópicos, que motivaram a realização do presente estudo. Para avaliar a estrutura da comunidade foram utilizados perfis de diversidade de Rényi, comparações da abundância e biomassa, além análises de ordenação em função de fatores ambientais e antrópicos. Foram coletados 12.170 indivíduos pertencentes a 93 espécies, sendo as maiores densidades relacionadas aos grupos marinho-migrantes (57%) e estuarino-residentes (31%). Duas espécies apresentaram dominância numérica, *Diapterus rhombeus* (Gerreidae; marinho-migrante) e *Genidens genidens* (Ariidae; estuarino-residente), que representaram 57% da abundância, 52% da biomassa e 79% do índice de importância relativa (%IRI). A densidade não apresentou variação significativa entre as áreas amostrais (espacial), mas apenas entre as estações do ano (sazonal), enquanto a biomassa e o número de espécies variaram espacialmente e sazonalmente. A hipótese de diferenciação da comunidade em função dos impactos locais foi refutada, pois foi constatado que os padrões estiveram mais associados ao uso das áreas pelos grupos funcionais, pelo domínio das espécies marinho-migrantes no alto estuário, possivelmente para seu crescimento somático. Enquanto grupo funcional, os peixes parecem ocupar áreas mesmo com condições ambientais desfavoráveis, indicando que estressores consolidados historicamente podem refletir em uma alta resistência das espécies presentes. Algumas áreas avaliadas indicam uma maior preocupação ambiental, especialmente em decorrência da convergência de mais de um estressor, como foi o caso da região do alto estuário, que apresentou uma diversidade significativamente reduzida. Sobre este aspecto, o uso dos perfis de diversidade foi uma ferramenta eficiente para representar a diversidade,

sendo mais poderosa que a escolha de um índice específico podendo ser comparável a outros estudos. A comunidade, de um modo geral, parece suportar às pressões locais, com permanência de sua qualidade ambiental numa categoria considerada “moderadamente impactada”. A demanda por serviços ambientais no SES é crescente, especialmente em relação aos empreendimentos portuários, de grande projeção econômica, política e social. Com base neste cenário, é importante que seja estabelecido um monitoramento contínuo que avalie a saúde deste ambiente, para que ele mantenha minimamente sua relevância biológica e qualidade ambiental.

Palavras chave: diversidade, escalonamento multidimensional não-métrico, ictiofauna, impacto, perfil de diversidade de Rényi, porto.

1. INTRODUÇÃO

Os estuários são corpos de águas costeiras, semifechadas, com conexão livre ao mar aberto, e um dos mais importantes ecossistemas do planeta, sendo fundamental para o ciclo de vida de muitas espécies e responsáveis pelo fornecimento de diversos serviços ambientais (BARBIER et al., 2011; BLABER, 2013; COSTANZA et al., 1997). Por compreenderem uma zona de transição entre os ambientes marinho e costeiro, os estuários têm sido cada vez relacionados às atividades humanas (p. ex., pesca artesanal/comercial, indústrias, porto, moradia, turismo e recreação), que os afetam diretamente. Neste sentido, o entendimento da relação entre os fatores antrópicos e regulatórios das comunidades ainda se constitui num dos maiores desafios em ambientes estuarinos, devido a complexidade de fatores (BLABER et al., 2000; ELLIOTT; QUINTINO, 2007; TEICHERT et al., 2016).

Apesar do crescente interesse pelo ambiente estuarino, em relação à sua importância ambiental, certos aspectos dos estuários ainda são pouco conhecidos, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde a complexidade dos fatores que afetam o ambiente assume maior relevância (BARLETTA et al., 2010; BLABER, 2013). Neste contexto, tem sido cada vez mais frequente o uso de comunidades biológicas para avaliar a conservação ambiental, em especial a comunidade de peixes, devido a sua ampla distribuição, diversidade de espécies/níveis tróficos, fácil identificação, capacidade de detectar alterações ambientais, entre outros fatores (BORJA et al., 2008; DEEGAN et al., 1997; KARR, 1981; WHITFIELD; ELLIOTT, 2002). Contudo, muitos estudos se baseiam nos índices propostos por Claude

Shannon (SHANNON, 1948) e Edward Simpson (SIMPSON, 1949), que podem ranquear uma mesma comunidade como mais ou menos diversa a depender da escolha do índice (TÓTHMÉRÉSZ, 1995), o que impossibilita comparações ou exige conhecimento ambiental pretérito, tornando-os de aplicação inviável para locais com longo histórico de alterações ambientais.

Com base em diferentes estudos Elliott e Whitfield (2011) propuseram diferentes paradigmas sobre diversos pontos de vista a respeito dos estuários, no que se refere a gestão, é o ambiente que mais sofre pressões antrópicas e o que o provê a maior quantidade de serviços ecossistêmicos e benefícios sociais. Existe uma relação direta entre o crescimento humano e a diversidade e intensidade dos impactos antropogênicos e os ecossistemas presentes no estuário como manguezais e áreas alagadas estão entre os mais afetados, com isso estressores isolados ou combinados podem gerar grandes impactos (HALPERN et al., 2007). Neste sentido, no Brasil, o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) é um dos estuários mais importantes, seus usos incluem a pesca, turismo, transporte, urbanização, atividade industrial e o maior porto da América Latina, promovendo um histórico de degradação ambiental, poluição doméstica e industrial (BRAGA et al., 2000; BURUAEM et al., 2013; CAMPUZANO et al., 2011; FAGUNDES et al., 2012; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001; MOSER et al., 2005). Os riscos ao ecossistema são constantes, com eventos recentes que implicaram na mortandade de toneladas de peixes, como os dois incêndios em terminais portuários ocorridos em 2013 e 2015, que resultaram no derramamento e dispersão de material tóxico na água e por todo o estuário.

Dados sobre a ictiofauna são limitados a estudos conduzidos em locais específicos do estuário ou baía adjacente, assim como a espécies ou grupos específicos (ELLIFF et al., 2013; PAIVA-FLLHO et al., 1987; SANTOS et al., 2015; SCHMIDT et al., 2008; TOMÁS et al., 2012). Frente a impactos de grande magnitude a adoção de medidas compensatórias depende de informações, e em relação a ictiofauna do SES isso é um fator limitante já que os estudos conduzidos foram pontuais quanto ao período de coleta e área de cobertura (ELLIFF et al., 2013; PAIVA-FLLHO et al., 1987; SANTOS et al., 2015; SCHMIDT et al., 2008; TOMÁS et al., 2012).

O SES é um ótimo exemplo de ocupação antrópica, refletindo as marcas de um crescimento econômico, onde a falta de informações biológicas inviabiliza o entendimento dos padrões regulatórios das comunidades. Com isso a questão a ser respondida é se os diferentes usos antrópicos das áreas estuarinas são capazes de influenciar a composição da ictiofauna, resultando em diferenciação nos padrões regulatórios da comunidade. Neste

sentido, o presente estudo visa avaliar o status de qualidade ambiental deste sistema estuarino, fornecendo um diagnóstico das áreas e do ambiente, bem como possibilitando a comparação dos resultados obtidos com trabalhos futuros. Espera-se ainda, inferir sobre possíveis variações na ocupação das espécies em função de estressores locais, especialmente o porto, que foi considerado um dos principais impactos antrópicos deste sistema estuarino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) está localizado na região costeira do Estado de São Paulo, na região sudeste do Brasil ($23^{\circ}30' - 24^{\circ}00'S$ e $46^{\circ}15' - 46^{\circ}30'W$), totalizando uma área de aproximadamente 44 km^2 (MOSER et al., 2005) (Fig. 01). A região abriga uma área de intensa urbanização, composta por indústrias, polo petroquímico, o maior porto da América Latina ($7,7 \text{ km}^2$) e existência de elevado número de moradias ilegais, construídas em manguezais, com descarte de resíduos sólidos (lixo)/despejo de esgoto não tratado, o que é apontado como o principal fator de contaminação química do estuário (AZEVEDO; BRAGA, 2011; BERBEL; FAVARO; BRAGA, 2015; BRAGA et al., 2000; CAMPUZANO et al., 2011; HORTELLANI et al., 2005; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001). Além disso, a necessidade de dragagens constantes neste sistema estuarino, por conta da atividade portuária, contribuem ainda mais para sua degradação ambiental (BURUAEM et al., 2013; TORRES et al., 2009). No SES as águas costeiras influenciam fortemente o sistema estuarino, existindo penetração da água mais salina até a região do alto estuário, bem como influência direta da profundidade, variando entre 1 e 20 metros em seus canais (HARARI; CAMARGO, 1998; HARARI; DE CAMARGO, 2003; HARARI; GORDON, 2001; PARREIRA; HARARI, 2010). Existe, ainda, influência de duas estações climáticas predominantes, sendo uma compreendida pela primavera-verão (outubro a março – com alta temperatura e precipitação) e outra pelo outono-inverno (abril a setembro – com baixa temperatura e estiagem), existindo expressiva variação anual, marcada por anos predominantemente úmidos e outros secos (ALVARES et al., 2013; MOSER et al., 2005; SANT'ANNA NETO, 2005). Além disso, o sedimento deste sistema estuarino é predominantemente lamoso ou lamoso-arenoso (HORTELLANI et al., 2005).



Fig. 1. Mapa com localização das áreas de coleta da fauna de peixes no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) durante o período de julho/2010 a junho/2012. Fonte: Adaptado de OpenStreetMap© contributors, CC-BY-AS, <http://www.openstreetmap.org>

2.2 Coletas e métricas utilizadas

Foram realizadas coletas mensais em nove áreas do estuário, durante dois anos, compreendidos entre julho/2010 a junho/2012 (Fig. 1). O aparelho de coleta foi o arrasto de fundo com portas, com malha 25 mm (corpo, saco e sobre-saco), medindo 1,2 m de largura de boca, 4,2 m de manga, 1,2 m de altura e 8,4 m de comprimento, sendo rebocado por embarcação de alumínio de borda alta (5,2 m de comprimento), equipada com motor de popa de 30 hp. O esforço amostral foi padronizado quanto ao tempo de arrasto (10 min.) sendo registrado em GPS o início (quando a rede tocava o fundo) e o término de cada lance (quando a rede era suspensa). Em média, cada área amostral foi coberta por $360 (\pm 108, DP) m^2$, sem diferença marginalmente significativa entre os arrastos (ANOVA: $F=1,93$; $p=0,056$), e área total considerando todas as coletas de $75.318 m^2$.

Antes de cada arrasto parâmetros físico-químicos da água de fundo (temperatura, salinidade, pH e profundidade) foram medidos utilizando uma sonda multiparâmetros, e informações sobre precipitação foram coletadas junto ao Centro de Informações Agrometeorológicas (www.ciiagro.sp.gov.br). Todos os indivíduos foram preservados em gelo e levados ao laboratório do Instituto de Pesca/APTA/SAA/SP, sendo posteriormente

identificados com base em bibliografia especializada (CERVIGÓN et al., 1992; FIGUEIREDO; MENEZES, 1978, 1980, 2000, MARCENIUK, 2005, 2007; MENEZES, 1983; MENEZES; FIGUEIREDO, 1980, 1985; MURAMAKI; AMAOKA, 1992), contados e pesados. As coletas foram conduzidas sob autorização do SISBio (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade, ‘Licença permanente para coleta de material zoológico’) No. 13.605-1, 28 de outubro de 2007.

2.3 Identificação dos estressores ambientais

Considera-se estressor ambiental qualquer parâmetro abiótico ou biótico que interfere com o funcionamento normal de um sistema. Neste sentido, múltiplos estressores isolados ou combinados podem alterar o comportamento de indivíduos, comunidades ou ecossistemas (AUERBACH, 1981; VINEBROOKE et al., 2004). Assim, foi avaliada a influência de possíveis estressores ambientais sobre a ictiofauna local, seja em escala espacial ou temporal, com o estabelecimento daqueles previamente relatados em estudos conduzidos anteriormente (BRAGA et al., 2000; FERNANDINO et al., 2016; HORTELLANI et al., 2005; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001; MAGALHÃES et al., 2012; MATEUS; SAMPAIO; MATEUS, 2008) (vide Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Estressores ambientais identificados no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), associados à variação espacial (áreas amostrais).

Área	Descrição	Porto	Esgoto não tratado + Resíduos sólidos (lixo)	Moradias irregulares (palafitas)	Número de Estressores Ambientais
Área 01	Canal do Porto	x		x	2
Área 02	Canal do Porto	x	x	x	3
Área 03	Canal do Porto	x		x	2
Área 04	Alto estuário	x	x		2
Área 05	Alto estuário	x			1
Área 06	Alto estuário		x	x	2
Área 07	Canal de São Vicente		x	x	2
Área 08	Canal de Bertioga		x	x	2
Área 09	Canal de Bertioga				0

Tabela 2. Estressores identificados no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), associados à variação temporal (estação climática, estação pluviométrica e intensidade de dragagem).

Coleta	Estação climática	Estação Seca/Chuvosa	Intensidade de dragagem
Inverno 2010 (Inv.10)	Inverno	Seco	Alta
Primavera 2010 (Pri.10)	Primavera	Chuvoso	Alta
Verão 2011 (Ver.11)	Verão	Chuvoso	Média
Outono 2011 (Out.11)	Outono	Seco	Média
Inverno 2011 (Inv.11)	Inverno	Seco	Alta
Primavera 2011 (Pri.11)	Primavera	Chuvoso	Alta
Verão 2012 (Ver.12)	Verão	Chuvoso	Baixa
Outono 2012 (Out.12)	Outono	Seco	Baixa

2.4 Análise dos dados

Para padronizar as capturas entre os arrastos a abundância (número de indivíduos) e biomassa (grama) foram divididas pela área do arrasto considerando a distância entre o início e término de cada lance e a largura de boca da rede, sendo expressos em ind.1.000 m⁻² e g.1.000 m⁻² respectivamente. As coletas foram agrupadas por trimestres e anos, correspondendo às estações climáticas – verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) – sendo as análises conduzidas segundo este fator climático e as áreas amostrais. A importância de cada espécie foi calculada com base na proporção do Índice de Importância Relativa (IRI) de Pinkas et al. (1971), agregando em um único índice a abundância relativa (N%), biomassa relativa (W%) e frequência de ocorrência (FO%): $IRI\% = FO\%(N\% + W\%)$. O IRI foi criado para estudos de alimentação, contudo vem sendo utilizado para identificar a dominância de espécies em comunidades de peixes, que normalmente são aquelas que agrupadas representam 90% do total do índice (PICHLER et al., 2015; SELLESLAGH et al., 2009; SELLESLAGH; AMARA, 2008; SOUZA et al., 2007; VEIGA et al., 2006).

Análise de variância (ANOVA) foi usada para testar a diferença dos parâmetros ambientais, densidade, biomassa e número de espécies em função das áreas e estações climáticas. Para isso todos os parâmetros abióticos (exceto o pH) foram testados quanto a normalidade e homogeneidade das variâncias utilizando teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e quando necessário padronizados pelo $\log_{10}(x+1)$, além de avaliados quanto aos resíduos para análise da adequabilidade do modelo. Quando significativo, as diferenças entre as médias foram identificadas aplicando teste “a posteriori” de Tukey.

As espécies foram classificadas em relação ao uso do estuário, seguindo o padrão proposto por Elliott et al. (2007), que divide as espécies em grupos funcionais: MM, marinho-

migrantes; MO, marinho-oportunistas; ER, estuarino-residentes; EM, estuarino-migrantes. Para isso, informações sobre a comunidade foram obtidas indiretamente, em consulta a literatura (ANDRADE-TUBINO; RIBEIRO; VIANNA, 2008; BARLETTA et al., 2010; ELLIOTT et al., 2007; ELLIOTT; DEWAILLY, 1995; MOURÃO; FERREIRA; LUCENA-FRÉDOU, 2014; PAIVA et al., 2009; REIS-FILHO; NUNES; FERREIRA, 2010; SILVA; PARANHOS; VIANNA, 2016; VILAR; SPACH; JOYEUX, 2010). A comparação foi realizada utilizando a proporção de cada grupo funcional entre as áreas amostrais e estações climáticas, e a similaridade testada com base no índice de similaridade de Bray-Curtis.

Para avaliar a diversidade foram aplicados perfis de diversidade de Rényi, tanto em escala espacial como temporal (RÉNYI, 1961). A escolha por tal método deve-se a sua capacidade em descrever a comunidade segundo um *continuum* de diversidade, sendo uma opção considerada adequada se confrontada a outros índices ecológicos tradicionais (p. ex., Shannon ou Simpson), que podem sofrer a influência da riqueza ou equidade (MAGURA; LÖVEI; TÓTHMÉRÉSZ, 2010; TÓTHMÉRÉSZ, 1995). Além disso, é tido como um método visual de fácil diagnóstico, podendo fornecer os valores de índices de diversidade conhecidos, a saber: $\alpha=0$, está relacionado à riqueza de espécies, que pode ser obtida pelo $\exp(H \alpha)$; $\alpha=1$ o valor de $H \alpha$ será igual a Shannon; para $\alpha=2$, Simpson; e para $\alpha \rightarrow \infty$ o índice de dominância de Berger-Parker (MAGURA; LÖVEI; TÓTHMÉRÉSZ, 2010).

Adicionalmente foram utilizadas comparações de abundância e biomassa baseadas em curvas de k-dominância e o valor de estatística W , calculado segundo a fórmula: $W = \sum_{i=1}^S (B_i - A_i) / [50(S - 1)]$, onde B =biomassa da espécie i , A =Abundância da espécie i e S o número total de espécies (MAGURRAN, 2013). Valores negativos podem indicar ambientes perturbados (dominância quanto a abundância), valores positivos ambientes sem grande perturbação (dominância quanto a biomassa) e valores próximos a zero moderadamente perturbados (equilíbrio entre abundância e biomassa) (CLARKE; WARWICK, 1994; WARWICK, 1986). Apesar do método ser recomendado para comunidades bentônicas, visando o diagnóstico de áreas impactadas (WARWICK; CLARKE, 1994), para os peixes pode ser utilizado como indicativo das espécies dominantes na comunidade (BARLETTA et al., 2003a; YEMANE; FIELD; LESLIE, 2005).

Uma análise multidimensional não-métrica (nMDS) foi aplicada para avaliar as diferenças na densidade de peixes em relação às áreas e estações climáticas, segundo a dissimilaridade de Bray-Curtis (OKSANEN, 1983, 2015). A matriz de densidade foi correlacionada à matriz ambiental pelo teste de Mantel, baseado no coeficiente de correlação

produto-momento de Pearson (r) e, em seguida, cada componente ambiental foi ajustado à ordenação por permutação, resultando na proporção explicativa de cada componente ambiental (r^2); os vetores ambientais mais significativos ($p < 0,05$) foram sobrepostos ao nMDS (BORCARD; LEGENDRE, 2012). As distribuições no espaço multidimensional das áreas e estações climáticas também foram avaliadas quanto a formação de grupos relacionados aos estressores ambientais, utilizando a função “ordihull” do pacote “vegan”. Também foram testados pelo uso de uma análise da variância multivariada por permutação, com base em matrizes de distância (PERMANOVA) e, quando significativo ($p < 0,05$), foi aplicada uma análise de espécies indicadoras sobre a formação dos grupos (ANDERSON, 2001).

Para todas as análises foi utilizado o ambiente R (R CORE TEAM, 2016) e os pacotes “car”, “forams”, “indicspecies”, “multcomp”, “sciplo” e “vegan” (ALUIZIO, 2015; DE CACERES; LEGENDRE, 2009; FOX; WEISBERG, 2011; HOTHORN; BRETZ; WESTFALL, 2008; MORALES, 2012; OKSANEN et al., 2016).

3. RESULTADOS

3.1. Padrões ambientais

Todos os parâmetros abióticos apresentaram heterogeneidade espacial e temporal significativa, a exceção da temperatura entre as áreas amostrais (Tabela 3). As maiores temperaturas foram observadas no verão (28°C), em oposição ao inverno (18°C), tendo sido verificadas diferenças significativas entre uma mesma estação em anos diferentes. A salinidade foi maior nas áreas próximas ao mar, onde ocorre a maior influência das correntes de maré, em especial na Área 01 durante o verão (34) e na Área 07 durante o inverno (33), ambos localizados na entrada dos canais do Porto e São Vicente respectivamente; os menores valores de salinidade (9 e 10) ocorreram na Área 05 (alto estuário) e Área 9 (Canal de Bertioga) e, em relação à maior variação registrada, estas foram verificadas durante as coletas na entrada do Canal do Porto (Áreas 1, 2 e 3). Nestes mesmos locais (Canal do Porto) também ocorreram as maiores diferenças quanto ao pH, quando relacionadas aos registros do Canal de Bertioga (Áreas 08 e 09); sazonalmente o outono foi caracterizado como a estação climática mais distinta das demais, contudo este padrão não foi confirmado numa comparação interanual. Um padrão espacial da profundidade foi observado na região do Porto, com valor máximo de 20 m na Área 1 (entrada), diminuindo gradativamente em direção ao alto estuário,

Área 2 (9 m), Área 3 (6 m), Área 4 (5 m) e Área 5 (2,3 m); nas Áreas 8 e 9 (Canal de Bertioğa) a média de profundidade foi de 7 m, similar à das áreas 06 e 07 (Canal de São Vicente) com 6,5 m. A pluviosidade não seguiu o padrão esperado para a área de estudo, com períodos secos (inverno) e chuvosos (verão). Apesar das maiores diferenças ocorrerem entre o inverno e primavera/verão, foram registrados períodos atípicos de pluviosidade, como o verão/2012 (524 mm), muito similar ao inverno/2010 (510 mm), ambos contrastando com o verão/2011 (1.078 mm).

Tabela 3. Amplitude, média aritmética (desvio padrão) e resultados da ANOVA (uma via) para os parâmetros abióticos por área de coleta e estação climática, no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente. Valores de significância $p < 0,05$ estão em negrito.

Parâmetros abióticos	Amplitude	Média (DP)	Área		Estação	
			F	p	F	p
Temperatura (°C)	18,56 - 28,91	23,4 (2,4)	0,22	0,987	81,60	<0,001
Salinidade	8,99 - 34,02	25,4 (5,6)	4,94	<0,001	6,64	<0,001
pH	7,17 - 9,23	8,0 (0,3)	2,85	0,009	10,81	<0,001
Profundidade (m)	0,5 - 20	4,6 (2,9)	27,44	<0,001	-	-
Precipitação (mm)	0 - 289	46,5 (50,0)	-	-	2,11	0,049

3.2. Descritores da comunidade de peixes

No SES foram capturadas 93 espécies de peixes ósseos distribuídos em 32 famílias, com maior número de espécies de Sciaenidae e Paralichthyidae (Tabela 4). Durante o período de estudo foram capturados 12.170 indivíduos, contudo duas espécies apresentaram dominância numérica – *Diapterus rhombeus* (carapeba; Gerreidae) e *Genidens genidens* (bagre; Ariidae) – representando elevados percentuais de abundância (57%), biomassa (52%) e índice de importância relativa (79%), por outro lado a maioria das demais espécies apresentaram percentuais <1%. A densidade média (\pm DP) por espécie foi de $0,36 \pm 1,53$ ind.m⁻², variando entre 13,6 ind.m⁻² (*D. rhombeus*) e 0,002 ind.m⁻² (4 espécies), enquanto a biomassa média foi de $11,28 \pm 40,01$ g.m⁻², variando entre 305,5 g.m⁻² (*D. rhombeus*) e 0,004 g.m⁻² (*Anchoa tricolor*). Destaca-se, ainda, a presença do *Opsanus beta*, que apesar de ocupar a 17ª posição em importância relativa, é uma espécie invasora e residente de ambientes estuarinos, trazida, possivelmente, com água de lastro (TOMÁS et al., 2012). Nenhuma espécie esteve presente em 100% das coletas, somente 02 espécies ocorreram em mais de 50%, 06 entre 25-50%, e 86 abaixo de 25%. Em número de espécies, as marinho-oportunistas (MO=47,3%) e marinho-migrantes (MM=32,3%) foram os grupos funcionais mais

representativos, embora, por outro lado, a abundância e biomassa daquelas marinho-migrantes (MM) e estuarino-residentes (ER) representaram mais de 80%.

Tabela 4. Comunidade de peixes no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente em coletas mensais realizadas em nove áreas amostrais (julho/2010 a junho/2012), com base no percentual do Índice de Importância Relativa (IRI%), abundância total (ind.1000m⁻²), biomassa total (g.1000m⁻²) e grupo funcional no uso do estuário (GFUE). Onde: MM, marinho-migrantes; MO, marinho-oportunistas; ER, estuarino-residentes; EM, estuarino-migrantes.

Família	Nome científico	IRI%	ind.1000m ⁻²	g.1000m ⁻²	F(%)	GFUE
Achiridae	<i>Achirus declivis</i>	0,25	263	8818	17,1	ER
	<i>Achirus lineatus</i>	4,75	1930	50592	48,8	ER
	<i>Catathyridium garmani</i>	<0,01	3	93	0,5	ER
	<i>Trinectes paulistanus</i>	<0,01	11	824	2,4	EM
Albulidae	<i>Albula vulpes</i>	<0,01	4	162	0,5	MO
Ariidae	<i>Aspistor luniscutis</i>	0,22	173	19799	9,3	MO
	<i>Cathorops spixii</i>	1,18	1238	30164	15,6	ER
	<i>Genidens barbatus</i>	0,04	90	2059	6,3	EM
	<i>Genidens genidens</i>	25,19	5488	226010	56,1	ER
Batrachoididae	<i>Batrachoides surinamensis</i>	<0,01	3	891	0,5	ER
	<i>Opsanus beta</i>	0,28	150	28813	11,2	ER
	<i>Porichthys porosissimus</i>	0,01	32	7585	1,0	MM
Carangidae	<i>Caranx hippos</i>	<0,01	3	270	0,5	MO
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0,19	528	2205	11,2	MO
	<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	<0,01	4	136	0,5	MM
	<i>Oligoplites saurus</i>	0,02	113	346	4,4	MO
	<i>Selene setapinnis</i>	<0,01	10	206	1,5	MO
	<i>Selene vomer</i>	0,07	120	3193	10,7	MO
	<i>Trachinotus carolinus</i>	<0,01	17	2289	1,5	MO
Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	0,48	188	24033	17,1	MM
	<i>Centropomus undecimalis</i>	0,74	125	46986	13,2	MM
Clupeidae	<i>Harengula clupeola</i>	0,01	33	709	3,9	MO
	<i>Opisthonema oglinum</i>	0,02	124	2218	2,9	MO
Cynoglossidae	<i>Symphurus diomedeanus</i>	<0,01	8	197	1,5	MO
	<i>Symphurus plagusia</i>	<0,01	3	31	0,5	MM
	<i>Symphurus tessellatus</i>	0,3	293	5233	22,9	MM
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>	<0,01	9	270	1,5	MO
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus</i>	0,49	278	21175	18,0	MM
Elopidae	<i>Elops saurus</i>	<0,01	5	466	1,0	MO
Engraulidae	<i>Anchoa spinifer</i>	<0,01	26	541	1,0	ER
	<i>Anchoa tricolor</i>	<0,01	4	4	0,5	ER
	<i>Cetengraulis edentulus</i>	<0,01	13	439	1,0	MO
	<i>Lycengraulis grossidens</i>	<0,01	6	157	1,0	MO
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	0,55	325	13865	22,4	MM
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i>	<0,01	4	568	0,5	MO
	<i>Diapterus rhombeus</i>	54,58	13621	305477	75,1	MM
	<i>Eucinostomus argenteus</i>	0,19	286	6574	12,2	MM
	<i>Eucinostomus gula</i>	0,05	212	3360	4,9	MM
	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	0,74	589	14829	24,4	MM
Gobiidae	<i>Gobionellus oceanicus</i>	<0,01	5	93	1,0	ER
Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>	0,02	83	1582	4,9	MM
	<i>Genyatremus luteus</i>	<0,01	9	340	0,5	EM
	<i>Orthopristis ruber</i>	<0,01	6	199	1,0	MO
	<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	<0,01	34	539	2,4	MM
Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	0,01	30	2704	3,4	MO
Monacanthidae	<i>Monacanthus ciliatus</i>	<0,01	4	373	0,5	MO

Família	Nome científico	IRI%	ind.1000m ⁻²	g.1000m ⁻²	F(%)	GFUE
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	0,04	30	8524	3,4	MM
	<i>Mugil liza</i>	<0,01	5	1650	0,5	MM
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	0,02	106	6040	2,9	MO
Paralichthyidae	<i>Citharichthys arenaceus</i>	<0,01	140	1854	1,0	MO
	<i>Citharichthys macrops</i>	0,09	257	3470	7,8	MO
	<i>Citharichthys spilopterus</i>	2,41	1392	14610	45,4	MO
	<i>Etropus crossotus</i>	0,47	519	5628	23,4	ER
	<i>Etropus longimanus</i>	<0,01	16	145	1,5	ER
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	0,01	80	1994	2,9	MO
	<i>Syacium micrurum</i>	0,01	120	659	1,5	MM
Polynemidae	<i>Polydactylus oligodon</i>	<0,01	3	115	0,5	MO
	<i>Polydactylus virginicus</i>	<0,01	8	792	0,5	MO
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>	<0,01	3	159	0,5	MO
Pristigasteridae	<i>Chirocentron bleekermanus</i>	<0,01	7	27	0,5	MO
	<i>Pellona harroweri</i>	<0,01	38	727	2,0	MO
Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	1,91	1573	24947	20,5	MM
	<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i>	<0,01	45	710	1,5	MO
	<i>Cynoscion acoupa</i>	<0,01	2	1003	0,5	MM
	<i>Cynoscion guatucupa</i>	<0,01	10	630	2,0	MM
	<i>Cynoscion microlepidotus</i>	<0,01	2	22	0,5	MO
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	0,02	92	4172	3,9	MM
	<i>Larimus breviceps</i>	<0,01	37	330	2,0	MM
	<i>Macrodon atricauda</i>	<0,01	3	10	0,5	MM
	<i>Menticirrhus americanus</i>	0,05	33	5128	6,3	MM
	<i>Micropogonias furnieri</i>	0,76	479	15224	25,9	MM
	<i>Ophioscion punctatissimus</i>	<0,01	12	1845	1,5	MO
	<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	<0,01	10	533	1,5	MM
	<i>Stellifer brasiliensis</i>	0,08	267	5854	5,4	MM
	<i>Stellifer rastrifer</i>	0,05	393	3650	3,4	MM
	<i>Stellifer stellifer</i>	<0,01	27	151	1,5	MM
<i>Umbrina canosai</i>	<0,01	4	317	0,5	MO	
Scorpaenidae	<i>Scorpaena brasiliensis</i>	<0,01	9	132	1,0	MO
	<i>Scorpaena plumieri</i>	<0,01	11	1343	2,0	MO
Serranidae	<i>Diplectrum radiale</i>	0,1	100	5386	11,7	MO
	<i>Epinephelus marginatus</i>	<0,01	2	118	0,5	MO
	<i>Mycteroperca acutirostris</i>	<0,01	3	958	0,5	MO
	<i>Rypticus randalli</i>	0,03	90	5519	4,4	MO
Stromateidae	<i>Peprilus paru</i>	<0,01	4	114	1,0	MO
Synodontidae	<i>Synodus foetens</i>	<0,01	5	405	1,0	MO
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	0,15	154	4441	15,1	MO
	<i>Sphoeroides greeleyi</i>	0,01	33	682	2,9	ER
	<i>Sphoeroides spengleri</i>	<0,01	11	199	2,0	ER
	<i>Sphoeroides testudineus</i>	2,81	543	68422	32,2	ER
	<i>Sphoeroides tyleri</i>	<0,01	7	90	1,0	ER
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	0,06	71	5642	8,3	MM
Triglidae	<i>Prionotus nudigula</i>	<0,01	2	221	0,5	MO
	<i>Prionotus punctatus</i>	0,49	415	7233	25,4	MO

A variação espacial da densidade, considerando as nove áreas de amostragem, não foi significativa (ANOVA: $F=1,610$; $p=0,142$), embora um maior número de indivíduos tenha ocorrido na região do alto estuário, em oposição ao observado nos canais do Porto e São Vicente (Fig. 2). Já em relação à variação temporal, considerando as estações climáticas, houve variação significativa (ANOVA: $F=3,482$ $p=0,003$), com os quatro primeiros períodos (primeiro ano amostral) com média superior aos quatro últimos (segundo ano amostral), além de uma variação quando uma mesma estação foi confrontada entre os diferentes anos (p. ex.,

inverno de 2010 vs. inverno 2011). A biomassa e número de espécies apresentaram diferenças significativas entre as áreas amostrais e as estações climáticas.

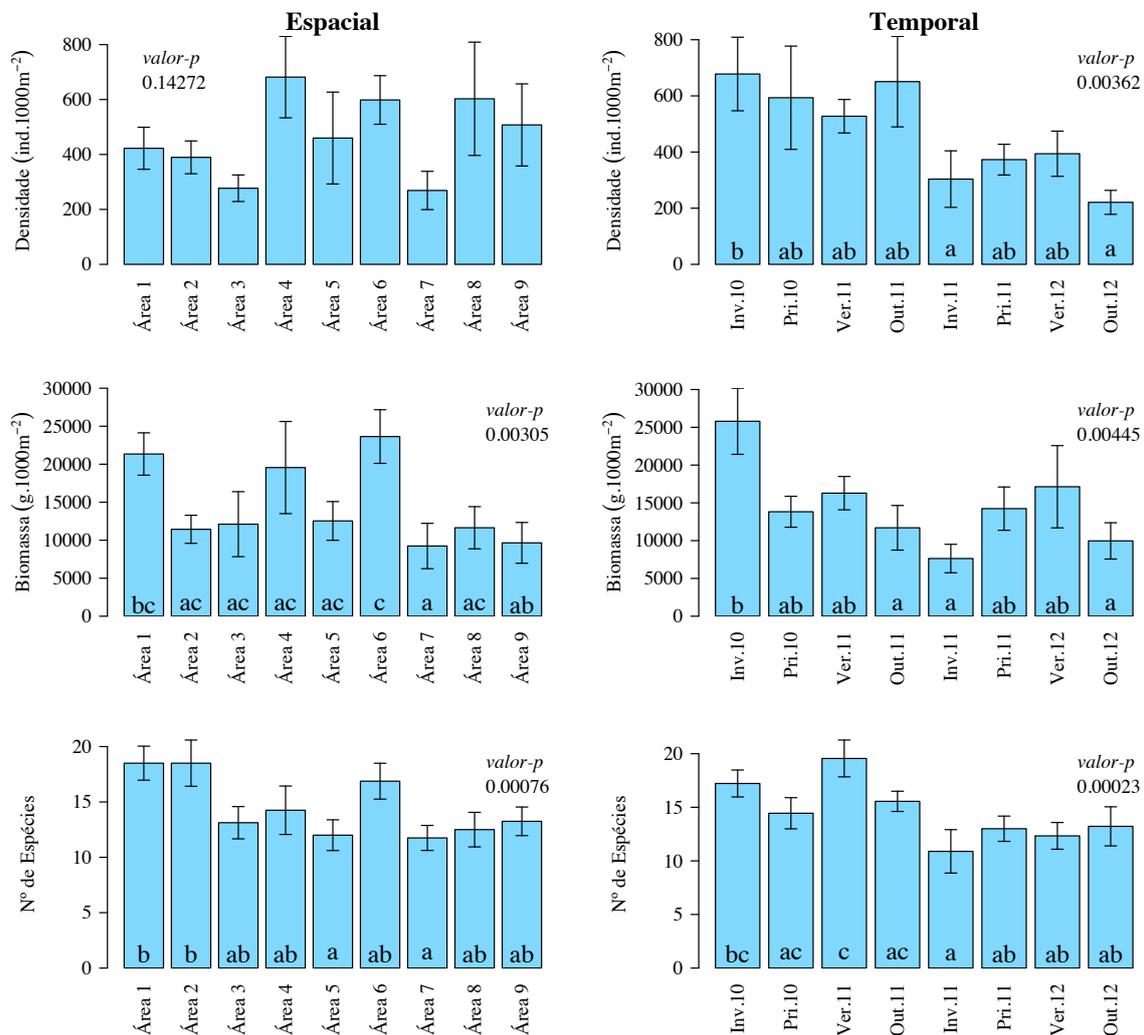


Fig. 2. Valores de densidade, biomassa e número de espécies (barra, média \pm linha, erro padrão), numa análise espacial (áreas amostrais) e temporal (estações climáticas em dois anos de amostragem), acompanhadas do teste de Tukey “a posteriori”, com base em coletas mensais realizadas no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), entre julho/2010 e junho/2012.

Quatro grupos funcionais foram identificados no SES (Fig. 3). A proporção das espécies marinhas foi superior, em praticamente todas as áreas do estuário, especialmente as marinho-migrantes, como *Diapterus rhombeus* (em todo o estuário) e *Bairdiella ronchus* (no Canal de Bertioga), correspondendo a Área 08. As espécies estuarinas apresentaram menor proporção no alto estuário (Área 4 = 13%; Área 5 = 11%), nos demais locais a proporção variou entre 25% no Canal do Porto (Área 2) a 52% no Canal de Bertioga (Área 9). A maior diferenciação ocorreu entre as áreas localizadas nos canais de acesso, devido a menor

ocorrência de *Diapterus rhombeus* nas áreas 1, 2, 3 e 7. Entre as estações climáticas a proporção de espécies marinhas (migrantes e oportunistas) preponderou sobre as demais, principalmente no outono e inverno, enquanto, para as estuarinas (migrantes e residentes), isto ocorreu na primavera e verão. Apesar da alta similaridade durante todo o período, foi possível verificar três agrupamentos principais, sendo o primeiro em função da densidade, e os outros dois pelas estações climáticas (primavera-verão e outono-inverno), coincidindo, respectivamente, com os períodos chuvoso e seco. A maior representatividade de espécies marinhas ressalta a importância do SES ao desenvolvimento de espécies de peixes que usam transitoriamente este ambiente em alguma fase de seu ciclo de vida.

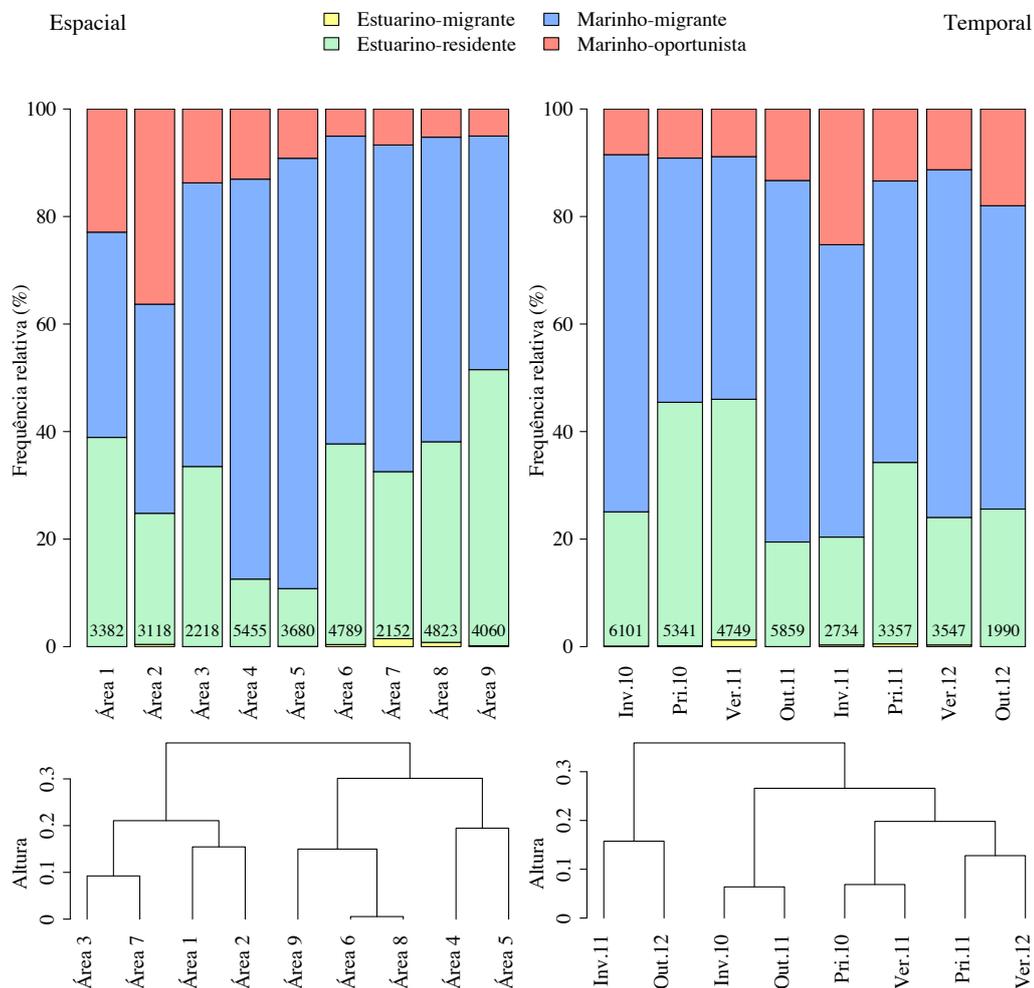


Fig. 3. Variação espacial e temporal da frequência relativa e similaridade das espécies de peixes quanto ao uso do estuário (grupo funcional), registradas em coletas mensais realizadas no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), entre julho/2010 e junho/2012.

A análise visual dos perfis de diversidade de Rényi apresentou diferenças entre as áreas do SES (Fig. 4). As duas áreas localizadas na entrada do Canal do Porto foram as mais

ricas, diversas e equitativas, em ordem de grandeza as áreas 2 e 1, enquanto as áreas 5 e 4, no alto estuário, expressaram o oposto, estando claramente separadas. As demais áreas foram classificadas como inseparáveis quanto a diversidade, apresentando perfis de diversidade sobrepostos e cruzados. Em relação ao período de coleta não foi possível ranquear claramente as estações do ano em função da diversidade, devido ao cruzamento entre os perfis no início da ordenação, por conta da maior influência da riqueza.

Considerando os componentes da diversidade que resultam no perfil de Rényi, a riqueza [$\exp(\alpha=1)$] foi maior na entrada do Canal do Porto, com 53 espécies, enquanto no Canal de Bertioga (Área 8) e alto estuário (Áreas 5 e 7) foram registrados os menores valores com 34 e 36 espécies, respectivamente. Sob o aspecto sazonal a riqueza variou entre 34 (verão/2012) e 56 (inverno/2010). Shannon ($\alpha=1$) e Simpson ($\alpha=2$) seguiram o mesmo padrão de variação observado para a riqueza entre as áreas, sendo mais elevado na Área 2 (Shannon=2,99; Simpson=2,58) e mais baixo na Área 5 (Shannon=1,38; Simpson=0,66). Consideradas as estações climáticas, os índices foram mais elevados no outono/2012 (Shannon=2,60; Simpson=1,85) e reduzidos no outono/2011 (Shannon=1,88; Simpson=1,09).

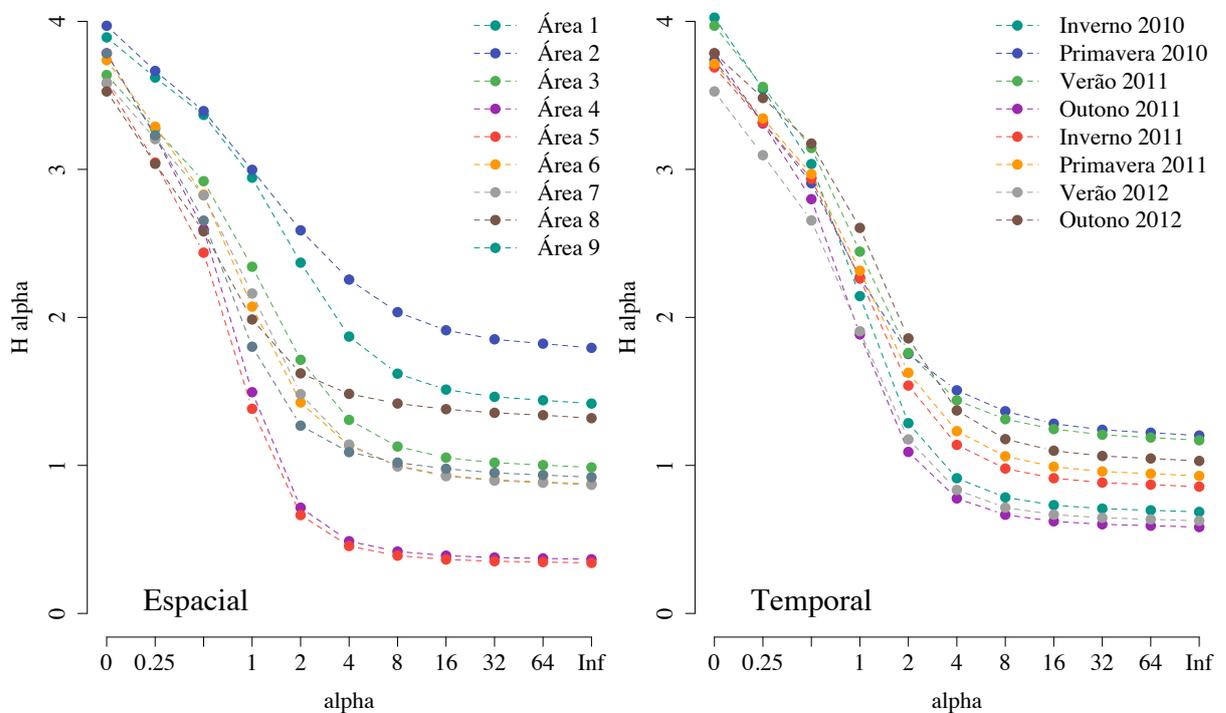


Fig. 4. Perfil de diversidade de Rényi's para a comunidade de peixes em relação às áreas amostrais (espacial) e estações climáticas (temporal), registrados em coletas mensais realizadas no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), entre julho/2010 e junho/2012.

As Fig. 5 e 6 representam as curvas ABC da comunidade de peixes no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), para as áreas e estações climáticas, respectivamente. Em ambos os casos o status identificado esteve entre moderadamente perturbado e perturbado. Os pontos localizados na entrada do Canal do Porto apresentaram os melhores índices W e, apesar da composição similar às demais áreas, nestes locais as espécies apresentaram maior biomassa relativa. Por outro lado, nas áreas localizadas no alto estuário (áreas 4 e 5) e no Canal de Bertioga (Área 9) as espécies ocorreram com maior densidade relativa, ou seja, uma elevada quantidade numérica. Em relação às estações climáticas, na maioria das representações as curvas apresentaram dominância numérica em relação a biomassa, além disso o outono/2012 foi a única estação com valor de estatística W positivo, ainda que próximo a zero.

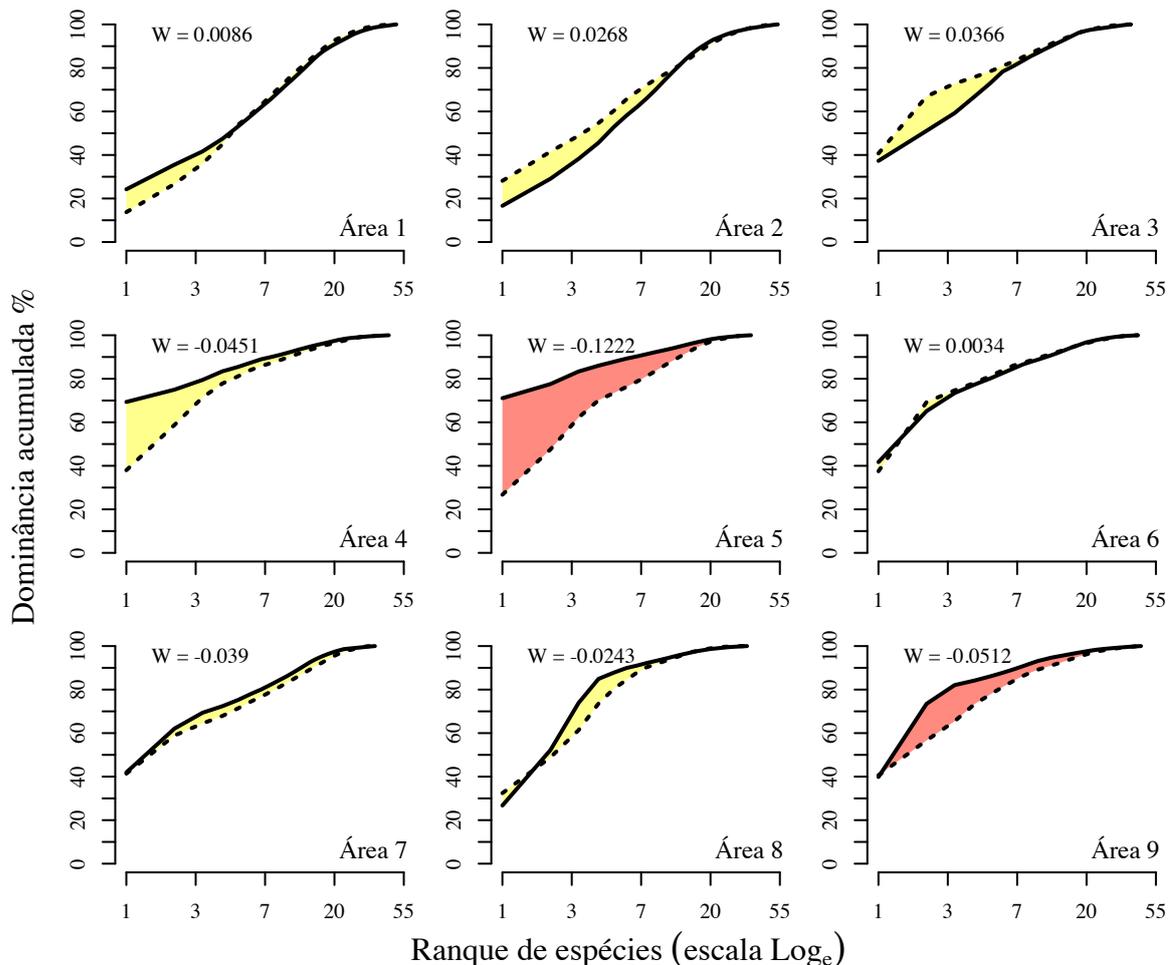


Fig. 5. Curvas de abundância e biomassa (ABC) da densidade de espécies de peixes (linha contínua) e sua biomassa (linha tracejada), para as áreas do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente, entre julho/2010 e junho/2012.

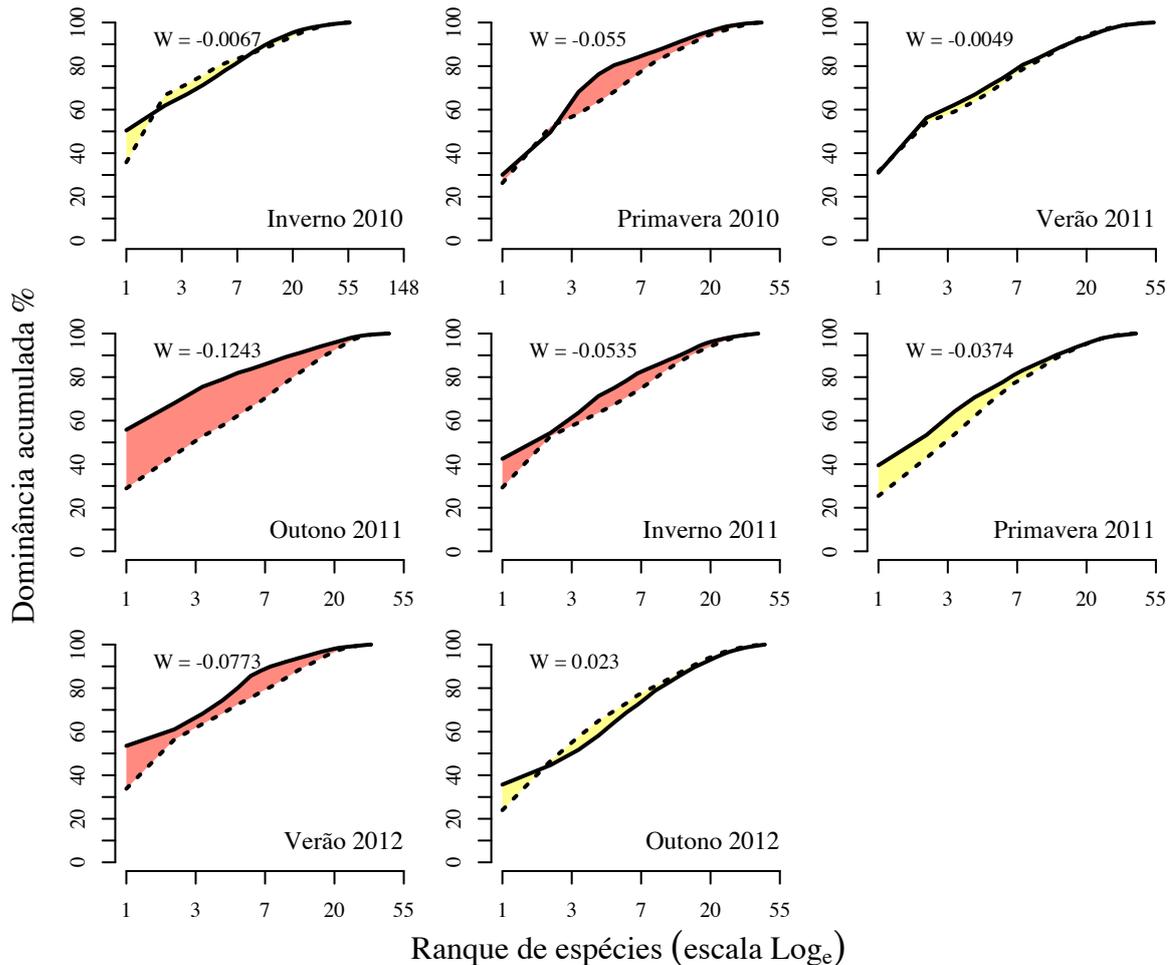


Fig. 6. Curvas de abundância e biomassa (ABC) da densidade de espécies (linha contínua) e biomassa (linha tracejada), para as estações cimáticas no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente, entre julho/2010 e junho/2012.

As análises multivariadas revelaram que o gradiente espacial de ocupação da ictiofauna no SES foi mais expressivo do que o gradiente temporal. Sobre o aspecto espacial, a ictiofauna e a dissimilaridade ambiental mostraram associação significativa, apesar da baixa correlação (Mantel: $p=0,04$, $r=0,45$), enquanto a ordenação do nMDS teve estresse de 0,119, demonstrando bom ajuste (Fig. 7). A dimensão 1 separou as áreas localizadas nos canais de entrada do estuário (áreas 1, 2, 3 e 7) estando relacionadas significativamente à salinidade ($p=0,008$, $r^2=0,66$) (Tabela 5). Em relação às variáveis categóricas, o fator “porto” foi o único que apresentou significância (Permanova: $p=0,03$) identificado graficamente na dimensão 2 do nMDS. *Lutjanus alexandrei* (IndVal stat=0,94, $p=0,01$) e *Chloroscombrus chrysurus* (IndVal stat=0,89, $p=0,04$) foram as espécies indicadoras das áreas com porto, enquanto *Genidens barbatus* (IndVal stat=0,99, $p=0,01$) e *Bairdiella ronchus* (IndVal stat=0,98, $p=0,02$) estiveram associadas àquelas sem porto. Quanto a distribuição das espécies em função das

estações climáticas não foi verificada associação com a dissimilaridade ambiental (Mantel: $p=0,40$, $r=0,07$). Desta forma, no que se refere ao componente sazonal nenhuma variável contínua (ambiental) apresentou significância estatística para explicar a dispersão dos dados no espaço multidimensional, tendo o mesmo ocorrido para as variáveis categóricas.

Tabela 5. Resultados do nMDS (escalonamento multidimensional não-métrico) para as áreas de estudo (espacial) e períodos de coleta (temporal), e resultados das análises da ordenação em função das variáveis contínuas (análise envfit) e categóricas (análise permanova). Valores de significância $p < 0,05$ estão em negrito. Onde: nMDS1 e 2, representam as dimensões; r , correlação de Pearson; r^2 , proporção explicada pela variável; p , significância estatística e SSQ, soma dos quadrados.

Variações em função das áreas de coleta (espacial)					
	Variável	nMDS1	nMDS2	r	p
contínua	Profundidade (m)	-0,997	0,082	0,806	0,091
	pH	-0,585	-0,811	0,303	0,247
	Salinidade	-0,872	-0,490	0,666	0,008
	Temperatura (°C)	0,792	0,610	0,504	0,109
	Variável	SSQ	<i>pseudo-F</i>	r^2	p
categórica	Porto	0,07	1,70	0,18	0,03
	Descarga de esgoto/Lixo	0,04	0,84	0,09	0,66
	Moradias irregulares/palafitas	0,07	1,69	0,18	0,06
Variações em função dos períodos de coleta (temporal)					
	Variável	nMDS1	nMDS2	r	p
contínua	pH	0,842	0,537	0,237	0,527
	Salinidade	0,662	0,749	0,565	0,140
	Temperatura (°C)	-0,455	0,890	0,128	0,726
	Precipitação (mm)	-0,983	-0,179	0,249	0,508
	Variável	SSQ	<i>pseudo-F</i>	r^2	p
categórica	Estação climática	0,17	1,06	0,444	0,386
	Estação seca/chuvosa	0,05	0,98	0,140	0,376
	Intensidade de dragagem	0,12	1,13	0,313	0,290

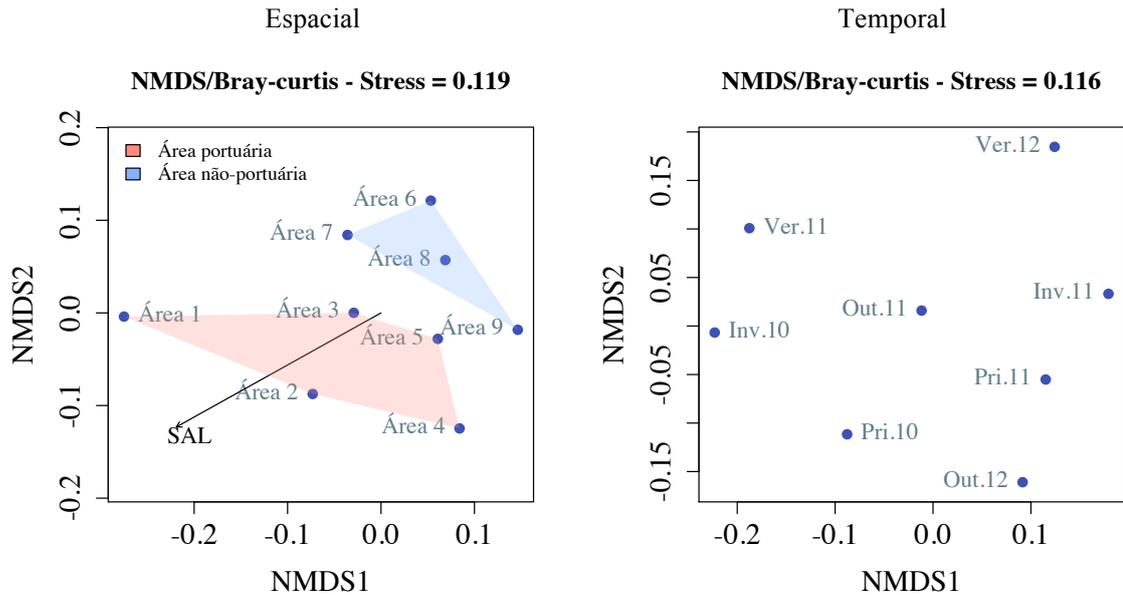


Figure 7. Ordenação nMDS para as áreas (espacial) e estações climáticas (temporal) de amostragem com representação das variáveis de valor significativo ($p < 0,05$). As variáveis contínuas estão descritas como vetores (setas), enquanto as categóricas estão expressas como áreas (vermelha e azul). Onde: SAL, salinidade

4. DISCUSSÃO

Até onde sabemos este foi um dos primeiros estudos que avaliou de forma mais abrangente a estrutura da comunidade de peixes do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), sendo que informações desta magnitude são encontradas apenas em relatórios de impacto ambiental e não em publicações científicas. Neste sentido, vem preencher uma importante lacuna de conhecimento sobre este sistema com histórica influência antrópica, para conhecimento de seu estado de conservação e importância ecológica. A partir disso, é fundamental que os aspectos estudados sejam considerados nas avaliações de gestão, bem como uso e manejo deste ambiente, seja no contexto local, nacional ou internacional.

Quanto à variação espacial da comunidade de peixes, foi refutada a hipótese de diferenciação entre as áreas do estuário em função de seus diferentes usos e impactos. Ainda que não se possa inferir sobre o estado natural do ambiente, os resultados obtidos demonstram que a comunidade de peixes do SES tem suportado às pressões impostas, haja vista a semelhança temporal dos descritores ambientais e a manutenção de espécies ecologicamente relevantes. A maior diversidade foi observada no Canal Portuário (Áreas 1, 2 e 3), sob influência direta da profundidade e salinidade, sem efeito pejorativo dos impactos antrópicos

locais. Por outro lado, locais supostamente mais preservados (p. ex., Canal de Bertioga – Área 9) apresentaram resultados piores do que aqueles esperados para a biomassa e riqueza. Não foi detectado um estressor determinante sobre a comunidade de peixes, mas o provável somatório deles com fatores ambientais (p. ex., profundidade e salinidade), promovendo, assim, uma diversidade menos expressiva no alto estuário (Áreas 4 e 5). Esta região foi considerada de maior sensibilidade ambiental, sendo ocupada, principalmente, por elevada quantidade de espécies marinho-migrantes juvenis, que utilizam estas áreas para crescimento. Considerando a quantidade de espécies oportunistas, os perfis de diversidade, a relação abundância/biomassa, a presença de espécie invasora e os diversos usos/riscos aos quais o estuário está sujeito, mesmo assim o ambiente foi classificado como “moderadamente impactado”. A respeito da sazonalidade, o padrão observado para a comunidade de peixes no SES foi similar ao descrito previamente para outros sistemas estuarinos tropicais, caracterizados por uma grande variação anual, mas reduzida influência sobre sua distribuição espacial.

De modo geral, os sistemas estuarinos ao redor do mundo são caracterizados por apresentarem uma alta riqueza e dominância de poucas espécies, muitas delas extremamente dependentes deste ecossistema em parte do seu ciclo de vida (AKIN et al., 2005; BLABER; BREWER; SALINI, 1995; BLABER; GRIFFITHS; PILLANS, 2010; ELLIOTT; DEWAILLY, 1995; FRANÇA; COSTA; CABRAL, 2009; SELLESLAGH et al., 2009). No Brasil, para a Região Norte foram identificadas 82 espécies, cinco responsáveis por 88% da abundância (BARLETTA et al., 2003b, 2005), o mesmo ocorrendo na Região Nordeste onde foram identificadas 122 espécies em quatro sistemas estuarinos (MERIGOT et al., 2016), na Região Sudeste, sendo 111 espécies em um estuário aberto (NEVES; TEIXEIRA; ARAUJO, 2011) e 130 espécies em uma baía (SILVA; PARANHOS; VIANNA, 2016), e na Região Sul, sendo 63 espécies em Paranaguá (PARIZOTTI et al., 2015) e 152 espécies na Baía da Babitonga (VILAR; SPACH; DE OLIVEIRA SANTOS, 2011). No SES, os últimos estudos registraram 59 espécies em três pontos do alto estuário, onde *Diapterus rhombeus* foi a mais abundante (17,9%) (SANTOS et al., 2015), e 78 espécies no trecho norte do Canal de Bertioga (BARBANTI; CAIRES; MARCENIUK, 2013). O número de espécies registrado no presente estudo para SES (n=93) está dentro da amplitude observada para os estuários brasileiros (59 a 122 espécies), sendo superior aos valores relatados previamente para este mesmo estuário (1,2-1,6 vezes), com um reduzido número de espécies dominantes. A riqueza das espécies de peixes pode diferir em função do uso de distintos aparelhos de coleta, sendo o sucesso da estimativa deste parâmetro (e da densidade destes animais) determinado pelo

sucesso do método e esforço de coleta. Vale ressaltar que não existe um método de amostragem 100% eficaz, o que pode ser minimizado pelo aumento da área amostral e maior frequência temporal entre as coletas (GREENWOOD, 2008; ROZAS; MINELLO, 1997; ULRICH; OLLIK; UGLAND, 2010).

A estrutura da comunidade de peixes do SES é composta, basicamente, por espécies marinho-migrantes e estuarino-residentes, com o primeiro grupo ocupando, principalmente, a região do alto estuário, totalizando quase o dobro da densidade do segundo grupo. As espécies marinho-migrantes utilizam a área prioritariamente como berçário, entrando no estuário em grande quantidade numérica, sendo constituída por estágios juvenis que ali passam sua vida adulta e migram ao mar para desovar (ELLIOTT et al., 2007; ELLIOTT; DEWAILLY, 1995). Assim, a presença numérica acumulada (densidade) neste estuário foi relativamente superior à biomassa, conforme verificado na comparação abundância-biomassa. De fato, a dominância de espécies marinhas é verificada em estuários da Europa (CARDOSO et al., 2011; FRANCO; FRANZOI; TORRICELLI, 2008; SELLESLAGH et al., 2009; THIEL; CABRAL; COSTA, 2003), Austrália (BARLETTA; BLABER, 2007) e Brasil (ANDRADE-TUBINO; RIBEIRO; VIANNA, 2008; BARLETTA et al., 2010; PAIVA et al., 2009; REIS-FILHO; NUNES; FERREIRA, 2010; VILAR; SPACH; JOYEUX, 2010) e, apesar de não possuírem necessariamente a mesma composição de espécies, a forma consistente que estes grupos ocupam o ambiente refletem determinadas semelhanças (WHITFIELD, 1999).

Na tentativa de identificar os fatores regulatórios da estrutura da comunidade de peixes, os fatores ambientais tem se apresentado determinantes em ambientes tropicais e subtropicais (BARLETTA et al., 2005; BLABER, 2013; CHILDS et al., 2008; NEVES; TEIXEIRA; ARAUJO, 2011; SELLESLAGH; AMARA, 2008; WHITFIELD, 1999). No SES, a salinidade e a profundidade contribuíram como um forte gradiente sazonal, que distingue a região de entrada do canal do porto, daquela do alto estuário e canais (São Vicente e Bertioga). A relação com as águas costeiras, e conseqüente salinidade, somado a profundidade local, propiciam um ambiente favorável a comunidade de peixes mesmo com a concentração da infraestrutura portuária. Ao contrário da região do alto estuário, onde ocorrem os exemplares marinho-migrantes juvenis, na região de entrada do canal portuário foram registrados indivíduos de maior porte, representados por duas espécies indicadoras (*Chloroscombrus chrysurus* e *Lutjanus synagris*), ambas de interesse comercial, e a primeira ocupando áreas estuarinas mais internas durante a fase jovem (COSTA; ALBIERI; ARAÚJO, 2005; PAIVA et al., 2009; VILAR et al., 2013). Em relação ao gradiente sazonal, nenhum fator apresentou relação com a estrutura da comunidade. No Brasil predominam duas estações

climáticas: 1) verão, com temperaturas elevadas e maior pluviosidade; e 2) inverno, com temperaturas mais amenas e estiagem. Apesar disso, por ser uma área de transição, na região Sudeste podem ser observadas grandes variações climáticas numa comparação interanual (BERNARDINO et al., 2015; SANT'ANNA NETO, 2005).

Na gestão de águas estuarinas, a apresentação de um mapa temático pode facilitar o entendimento sobre a saúde ambiental, o que pode ser favorecido por estudos mais amplos que venham empregar índices ecológicos combinados, possibilitando acesso sobre a qualidade ecológica e a integridade dos sistemas estuarinos (BORJA et al., 2011; WHITFIELD; ELLIOTT, 2002). Ainda que o presente estudo tenha como base o número de espécies, a abundância relativa e biomassa, representados por índices de diversidade e perfis gráficos, ele foi eficaz ao mostrar que o sistema estuarino pode sofrer a influência de parâmetros ambientais associados a ação de fatores antrópicos. Por outro lado, os padrões de recrutamento dos grupos funcionais de peixes registrados no estuário foram suficientemente determinantes para caracterizar a estrutura dessa comunidade, independente das condições ambientais a que está sujeita (MAES et al., 2004). Os resultados obtidos indicam uma ação crônica de estressores no estuário em questão, assim como a expressiva tolerância das espécies que compõem sua comunidade de peixes, fato confirmado pelo cenário impactado, mas estável, da estrutura destes organismos.

O desafio está em determinar a qualidade ambiental com base nas comunidades adaptadas a uma pressão pré-existente e, ainda mais difícil, a complexa e dinâmica relação entre os peixes e seu habitat (FRANÇA; COSTA; CABRAL, 2009). Neste sentido o uso de métricas multivariadas, que inclui informações sobre o ambiente em diferentes níveis de organização, tem se mostrado bastante sensível (ELLIS et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2007), por outro lado, não podemos deixar de avaliar a resposta das comunidades frente aos fatores regulatórios a que estão submetidas. Neste sentido, o uso dos perfis de diversidade é uma ferramenta bastante eficiente frente a um único índice ecológico, que na maioria dos casos pressupõe um esforço amostral padronizado e inviabiliza comparações, sendo suportada pelos resultados observados das curvas ABC.

No Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) a dinâmica imposta pela entrada e saída da água costeira mostra ser um fator decisivo ao sucesso da comunidade de peixes, tolerantes à influência de diferentes estressores. Neste ambiente a demanda por serviços ambientais é crescente, envolvendo aspectos econômicos, políticos e sociais, principalmente no que se refere aos empreendimentos portuários. Diante disso, é fundamental a manutenção de seus serviços ecossistêmicos básicos, entre eles os biológicos relacionados ao

recrutamento, crescimento e reprodução de sua biota, o que requer um monitoramento contínuo que avalie sua magnitude, bem como a variação espaço-temporal dos impactos antrópicos presentes e futuros.

5. REFERÊNCIAS

- AKIN, S. et al. Fish assemblage structure of Koycegiz Lagoon–Estuary, Turkey: Spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 64, n. 4, p. 671–684, set. 2005.
- ALUIZIO, R. **forams: Foraminifera and Community Ecology Analyses**. R package version 2.0-5. <https://cran.r-project.org/package=forams>, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANDERSON, M. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Australian Ecology**, n. 2001, p. 32–46, 2001.
- ANDRADE-TUBINO, M. F. DE; RIBEIRO, A. L. R.; VIANNA, M. Organização espaço-temporal das ictiocenoses demersais nos ecossistemas estuarinos brasileiros: uma síntese. **Oecol. Bras**, v. 12, n. 4, p. 640–661, dez. 2008.
- AUERBACH, S. I. Ecosystem response to stress: A review of concepts and approaches. in: **Stress effects on natural ecosystems**, G.W. BARRETT and R. ROSENBERG., J. Wiley & Sons, Chichester, England. p. 29-41, 1981.
- AZEVEDO, J. D. S.; BRAGA, E. S. Caracterização hidroquímica para qualificação ambiental dos estuários de Santos-São Vicente e Cananéia. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n. 2, p. 52–61, 2011.
- BARBANTI, B.; CAIRES, R.; MARCENIUK, A. P. A ictiofauna do Canal de Bertiooga, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 276–291, 2013.
- BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169–193, 2011.
- BARLETTA, M. et al. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**, v. 256, p. 217–228, 2003a.
- BARLETTA, M. et al. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**, v. 256, p. 217–228, 2003b.

- BARLETTA, M. et al. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 66, p. 45–72, 2005.
- BARLETTA, M. et al. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 9, p. 2118–2176, 9 jun. 2010.
- BARLETTA, M.; BLABER, S. J. M. Comparison of fish assemblages and guilds in tropical habitats of the Embley (Indo-West Pacific) and Caeté (Western Atlantic) Estuaries. **Bulletin of Marine Science**, v. 80, n. 3, p. 647–680, 2007.
- BERBEL, G. B. B.; FAVARO, D. I. T.; BRAGA, E. S. Impact of harbour, industry and sewage on the phosphorus geochemistry of a subtropical estuary in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 93, n. 1–2, p. 44–52, 2015.
- BERNARDINO, A. F. et al. Predicting ecological changes on benthic estuarine assemblages through decadal climate trends along Brazilian Marine Ecoregions. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 166, p. 74–82, 2015.
- BLABER, S. J. M. Fishes and fisheries in tropical estuaries: The last 10 years. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 135, p. 57–65, dez. 2013.
- BLABER, S. J. M.; BREWER, D. T.; SALINI, J. P. Fish communities and the nursery role of the shallow inshore waters of a tropical bay in the gulf of Carpentaria, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 40, n. 2, p. 177–193, jan. 1995.
- BLABER, S. J. M.; GRIFFITHS, S. P.; PILLANS, R. Changes in the fish fauna of a tropical Australian estuary since 1990 with reference to prawn predators and environmental change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, n. 4, p. 692–696, mar. 2010.
- BLABER, S. J. M. J. M. et al. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 57, n. 3, p. 590–602, jun. 2000.
- BORCARD, D.; LEGENDRE, P. Is the Mantel correlogram powerful enough to be useful in ecological analysis? A simulation study. **Ecology**, v. 93, n. 6, p. 1473–1481, 2012.
- BORJA, A. et al. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 9, p. 1519–1537, set. 2008.
- BORJA, Á. et al. Classifying ecological quality and integrity of estuaries. **Treatise on Estuarine and Coastal Science**, v. 1, p. 125–162, 2011.
- BRAGA, E. S. et al. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System - Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 2, p. 165–173, fev. 2000.
- BURUAEM, L. M. et al. Integrated quality assessment of sediments from harbour areas in Santos-São Vicente Estuarine System, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 130, n. 0, p. 179–189, 20 set. 2013.

- CAMPUZANO, F. J. et al. Integrated coastal zone management in South America: A look at three contrasting systems. **Ocean & Coastal Management**, v. 72, p. 22–35, fev. 2011.
- CARDOSO, I. et al. Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: A functional approach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 93, n. 1, p. 40–46, maio 2011.
- CERVIGÓN, F. et al. **Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la Costa Septentrional de Sur América**. Roma: 513 p., 1992.
- CHILDS, A.-R. et al. Do environmental factors influence the movement of estuarine fish? A case study using acoustic telemetry. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 78, n. 1, p. 227–236, 1 jun. 2008.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation**. Natural Environment Research Council, 1994.
- COSTA, M. R.; ALBIERI, R. J.; ARAÚJO, F. G. Size distribution of the jack *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus) (Actinopterygii, Carangidae) in a tropical bay at southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 580–586, 2005.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 15 maio 1997.
- DE CACERES, M.; LEGENDRE, P. **Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference**. Ecology. 2009. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/miqueldecaceres/software>>.
- DEEGAN, L. A. et al. Development and Validation of an Estuarine Biotic Integrity Index. **Estuaries**, v. 20, n. 3, p. 601, 1997.
- ELLIFF, C. I. et al. Population structure of caitipa Mojarra (*Diapterus rhombeus*) in an estuarine system of Southeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 17, p. 411–421, 2013.
- ELLIOTT, M. et al. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: A global review. **Fish and Fisheries**, v. 8, n. 3, p. 241–268, set. 2007.
- ELLIOTT, M.; DEWAILLY, F. The structure and components of European estuarine fish assemblages. **Netherlands Journal of Aquatic Ecology**, v. 29, n. 3–4, p. 397–417, dez. 1995.
- ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 6, p. 640–645, jun. 2007.
- ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 94, n. 4, p. 306–314, 20 out. 2011.

- ELLIS, J. I. et al. Assessing ecological community health in coastal estuarine systems impacted by multiple stressors. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 473, p. 176–187, 2015.
- FAGUNDES, L. et al. Aspectos produtivos da pesca extrativa na Vila dos Pescadores, Cubatão, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 42, n. 6, p. 23–31, 2012.
- FERNANDINO, G. et al. Considerations on the effects of tidal regimes in the movement of floating litter in an estuarine environment: Case study of the estuarine system of Santos-São Vicente, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, n. 1, p. 591–595, 2016.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste de Brasil. II. Teleostei (1)**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1978.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1980.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2000.
- FOX, J.; WEISBERG, S. **An R Companion to Applied Regression, Second Edition**. Thousand Oaks CA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>, 2011.
- FRANÇA, S.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. N. Assessing habitat specific fish assemblages in estuaries along the Portuguese coast. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 83, n. 1, p. 1–12, 10 jun. 2009.
- FRANCO, A.; FRANZOI, P.; TORRICELLI, P. Structure and functioning of Mediterranean lagoon fish assemblages: A key for the identification of water body types. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 79, n. 3, p. 549–558, 2008.
- GREENWOOD, M. F. D. Trawls and cooling-water intakes as estuarine fish sampling tools: Comparisons of catch composition, trends in relative abundance, and length selectivity. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 1, p. 121–130, jan. 2008.
- HALPERN, B. S. et al. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. **Conservation Biology**, v. 21, n. 5, p. 1301–1315, out. 2007.
- HARARI, J.; CAMARGO, R. de. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): circulação de maré. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 46, n. 2, p. 135–156, 1998.
- HARARI, J.; de CAMARGO, R. Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24°S 46°W). **Continental Shelf Research**, v. 23, n. 16, p. 1597–1613, 2003.
- HARARI, J.; GORDON, M. Simulações Numéricas da Dispersão de Substâncias no Porto e Baía de Santos, sob a Ação de Marés e Ventos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 4, p. 115–131, 2001.

- HORTELLANI, M. A. et al. Evaluation of mercury contamination in sediments from Santos - São Vicente Estuarine System, São Paulo State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6 A, p. 1140–1149, 2005.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008.
- KARR, J. R. Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. **Fisheries**, 1981.
- LAMPARELLI, M. C.; COSTA, M. P. da; PROSPERI, V. A. **Sistema estuarino de Santos e São Vicente**. São Paulo: CETESB, 2001.
- MAES, J. et al. Statistical modeling of seasonal and environmental influences on the population dynamics of an estuarine fish community. **Marine Biology**, v. 145, n. 5, p. 1033–1042, 15 jun. 2004.
- MAGALHÃES, C. A. et al. PCBs, PBDEs and organochlorine pesticides in crabs *Hepatus pudibundus* and *Callinectes danae* from Santos Bay, State of São Paulo, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 3, p. 662–667, 2012.
- MAGURA, T.; LÖVEI, G. L.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 16–26, 2010.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. [s.l.] Blackwell Publishing, 2013.
- MARCENIUK, A. P. Chave para identificação das espécies de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) da costa brasileira. **B. Inst. Pesca**, v. 31, n. 2, p. 89–101, 2005.
- MARCENIUK, A. P. Revalidação de *Cathorops arenatus* e *Cathorops agassizii* (Siluriformes, Ariidae), bagres marinhos das regiões norte e nordeste da América do Sul. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, n. 4, p. 360–375, 2007.
- MATEUS, M.; SAMPAIO, A. F. P.; MATEUS, S. An ecological model application to the Santos estuary, Brazil: testing and validation. **Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America**, p. 401–424, 2008.
- MENEZES, N. A. Guia prático para conhecimento e identificação das tainhas e paratis (pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 2, n. 1, p. 1–12, 1983.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes do Sudeste Brasileiro. II. Teleostei (1)**. 1980.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes do Sudeste Brasileiro. II. Teleostei (5)**. 1985.
- MERIGOT, B. et al. Fish assemblages in tropical estuaries of Northeast Brazil: a multi-component diversity approach. **Ocean & Coastal Management**, p. 1–9, 2016.

MORALES, M. **sciplot: Scientific Graphing Functions for Factorial Designs**. R package version 1.1-0. 2012. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=sciplot>>.

MOSER, G. A. O. et al. Instantaneous transport of salt, nutrients, suspended matter and chlorophyll-a in the tropical estuarine system of Santos. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 53 (3/4), p. 115–127, 2005.

MOURÃO, K. R. M.; FERREIRA, V.; LUCENA-FRÉDOU, F. Composition of functional ecological guilds of the fish fauna of the internal sector of the Amazon Estuary, Pará, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, p. 1783–1800, 2014.

MURAMAKI, T.; AMAOKA, K. Review of the genus *Syacium* (Paralichthyidae) with the description of a new species from Ecuador and Colombia. **Buli. Fac. Fish. Hokkaido Univ.**, v. 43, n. 2, p. 61–95, 1992.

NEVES, L. M.; TEIXEIRA, T. P.; ARAUJO, F. G. Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. **Marine Ecology**, v. 32, n. 1, p. 115–131, 18 mar. 2011.

OKSANEN, J. Ordination of boreal heath-like vegetation with principal component analysis, correspondence analysis and multidimensional scaling. **Vegetatio**, 1983.

OKSANEN, J. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. **R documentation**, p. 43, 2015.

OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-0. 2016. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=vegan>>.

PAIVA-FLLHO, A. M. et al. **Ictiofauna do complexo baia-estuario de Santos e São Vicente, SP, Brasil. Relat. Inst. Oceanogr. Univ. S Paulo**. 1987.

PAIVA, A. C. G. de et al. Spatial distribution of the estuarine ichthyofauna of the Rio Formoso (Pernambuco, Brazil), with emphasis on reef fish. **Zoologia (Curitiba, Impresso)**, v. 26, n. 2, p. 266–278, 2009.

PARIZOTTI, T. D. et al. Influência das atividades de dragagem sobre a ictiofauna do complexo estuarino de Paranaguá, Estado do Paraná. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 48, n. 2, p. 19–31, 2015.

PARREIRA, C. N.; HARARI, J. **Análise da poluição no estuário de Santos-São Vicente (SP) por meio de correlação entre hidrodinâmica e toxicidade da água e dos sedimentos**. Safety, Health and Environment World Congress. **Anais...**2010

PICHLER, H. E. et al. Environmental influences on resident and transient fishes across shallow estuarine beaches and tidal flats in a Brazilian World Heritage area. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 164, p. in press, 2015.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food Habits of Albacora, *Bluefin tuna*, and Bonito in California Waters. **California Department of Fish and Game: Fish Bulletin**, v. 152, p. 1–105, 1971.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing** Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

REIS-FILHO, J. A.; NUNES, J. de A. C. da C.; FERREIRA, A. Estuarine ichthyofauna of the Paraguaçu River, Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 0–0, 2010.

RÉNYI, A. **On measures of entropy information**. Fourth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability. **Anais...**1961

ROZAS, L. P.; MINELLO, T. J. Estimating Densities of Small Fishes and Decapod Crustaceans in Shallow Estuarine Habitats: A Review of Sampling Design with Focus on Gear Selection. **Estuaries**, v. 20, n. 1, p. 199, 1997.

SANT’ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 43–60, 2005.

SANTOS, J. A. P. dos et al. Composição e variação temporal da assembléia de peixes do alto sistema estuarino de Santos, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 4, p. 945–959, 2015.

SCHMIDT, T. C. dos S. et al. Taxocenose de bagres marinhos (Siluriformes , Ariidae) da região estuarina de São Vicente, SP, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p. 73–81, 2008.

SELLESLAGH, J. et al. Fish composition and assemblage structure in three Eastern English Channel macrotidal estuaries: A comparison with other French estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 81, n. 2, p. 149–159, jan. 2009.

SELLESLAGH, J.; AMARA, R. Environmental factors structuring fish composition and assemblages in a small macrotidal estuary (eastern English Channel). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 79, n. 3, p. 507–517, set. 2008.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, v. 27, n. July 1928, p. 379–423, 1948.

SILVA, D. R. da; PARANHOS, R.; VIANNA, M. Spatial patterns of distribution and the influence of seasonal and abiotic factors on demersal ichthyofauna in an estuarine tropical bay. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 821–846, 2016.

SIMPSON, E. H. Measurement of Diversity. **Nature**, v. 163, n. 4148, p. 688–688, 30 abr. 1949.

SOUZA, M. R. de et al. Caracterização da “mistura” na pesca de arrasto-de-parelha desembarcada em Santos E Guarujá, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 1, p. 43–51, 2007.

TEICHERT, N. et al. Restoring fish ecological quality in estuaries: Implication of interactive and cumulative effects among anthropogenic stressors. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 383–393, 2016.

- THIEL, R.; CABRAL, H.; COSTA, M. J. Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries - A comparison between the Tagus (Portugal) and the Elbe (Germany). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 19, n. 5, p. 330–342, out. 2003.
- TOMÁS, A. R. G. et al. *Opsanus beta*: An Invasive Fish Species in the Santos Estuary, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo**, v. 38, n. 4, p. 349–355, 2012.
- TORRES, R. J. et al. Effects of dredging operations on sediment quality: Contaminant mobilization in dredged sediments from the Port of Santos, SP, Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v. 9, n. 5, p. 420–432, 2009.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283–290, 1995.
- ULRICH, W.; OLLIK, M.; UGLAND, K. I. A meta-analysis of species-abundance distributions. **Oikos**, v. 119, n. 7, p. 1149–1155, 2010.
- VASCONCELOS, R. P. et al. Assessing anthropogenic pressures on estuarine fish nurseries along the Portuguese coast: A multi-metric index and conceptual approach. **Science of the Total Environment**, v. 374, n. 2–3, p. 199–215, 15 mar. 2007.
- VEIGA, P. et al. Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 70, n. 1–2, p. 27–38, 2006.
- VILAR, C. C. et al. Local and regional ecological drivers of fish assemblages in Brazilian estuaries. **Marine Ecology Progress Series**, v. 485, n. Levin 1992, p. 181–197, 2013.
- VILAR, C. C.; SPACH, H. L.; DE OLIVEIRA SANTOS, L. Fish fauna of Baía da Babitonga (Southern Brazil), with remarks on species abundance, ontogenic stage and conservation status. **Zootaxa**, n. 2734, p. 40–52, 2011.
- VILAR, C. C.; SPACH, H. L.; JOYEUX, J. C. Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 3, p. 635–648, 2010.
- VINEBROOKE, R. D. et al. Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: The role of species co-tolerance. **Oikos**, v. 104, n. 3, p. 451–457, 2004.
- WARWICK, R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. **Marine Biology**, v. 92, n. 4, p. 557–562, 1986.
- WARWICK, R. M.; CLARKE, K. R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. **Marine Biology**, v. 118, n. 4, p. 739–744, mar. 1994.
- WHITFIELD, A. K. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, n. 2, p. 151–186, 1999.

WHITFIELD, A. K.; ELLIOTT, M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. **Journal of Fish Biology**, v. 61, n. sa, p. 229–250, dez. 2002.

YEMANE, D.; FIELD, J. G.; LESLIE, R. W. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. **ICES Journal of Marine Science**, v. 62, n. 3, p. 374–379, maio 2005.

CAPÍTULO 2

A FAUNA DE CRUSTÁCEOS DECÁPODOS COMO INDICADOR DA QUALIDADE AMBIENTAL EM UM ESTUÁRIO TROPICAL

RESUMO

O presente estudo avaliou a comunidade de crustáceos decápodos estuarinos sobre a ótica do status da qualidade e integridade ambiental. No Brasil os estuários são ecossistemas costeiros com diferentes tipos de ocupação e usos antrópicos, onde o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente merece destaque pela elevada pressão antrópica que sofre, particularmente pela presença do maior Complexo Portuário da América Latina. A comunidade de crustáceos local é relativamente conhecida, tendo como a principal espécie em abundância (n=1.260) o siri *Callinectes danae*, que possui relevante posição como recurso pesqueiro desde décadas passadas, indicando sua alta rusticidade frente às pressões antropogênicas presentes neste sistema estuarino. Em relação as áreas do estuário, a entrada do Canal do Porto apresentou a maior diversidade, local de maior profundidade e salinidade do estuário, também é o de maior impacto da estrutura portuária por conta de dragagens constantes. A menor diversidade foi observada na entrada do Canal de São Vicente, local com presença de descarga de esgoto e lixo doméstico, já as demais áreas não apresentaram diferenciação quanto a diversidade. Não foi identificado um estressor antrópico que fosse explicativo da distribuição em abundância dos crustáceos decápodos nas áreas e estações climáticas e, em relação aos parâmetros ambientais, apenas a salinidade apresentou associação significativa em relação as áreas de coleta. Na primavera e verão foram registradas as maiores densidades de espécies, embora sua composição específica não tenha sido suficiente para separar as distintas estações climáticas. A maioria das espécies coletadas tem forte relação com a região costeira, para onde realizam migrações reprodutivas (cópula e/ou desova), que podem ter influenciado o diagnóstico das áreas do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente. Das 24 espécies de crustáceos decápodos identificados, 29,2% constituem importante recurso pesqueiro artesanal e econômico desta região estuarina, como é o caso das espécies do gênero *Callinectes* (Portunidae) e dos camarões peneídeos (Penaeidae). O uso temporário do estuário pelas comunidades avaliadas parece minimizar o efeito antrópico ali presente, com isso áreas supostamente impactadas, como a região portuária, apresentaram melhor diagnóstico quanto a diversidade, contudo os riscos à fauna bentônica deste sistema estuarino são constantes podendo alterar o status das áreas rapidamente conforme a magnitude do impacto.

Palavras-chave: carcinofauna, diversidade, escalonamento multidimensional não-métrico, perfil de diversidade de Rényi, porto.

1. INTRODUÇÃO

Os estuários podem ser definidos como um corpo de água costeiro, semifechado, com conexão livre ao mar aberto, onde a água do mar encontra-se diluída pelo aporte de água doce proveniente da drenagem terrestre (PRITCHARD, 1967). São ecótonos amplamente ocupados pelo homem, apresentando diferentes níveis de impacto, normalmente associados a benefícios financeiros, aumento de capital ou mesmo prazer social, estando entre os mais valiosos ambientes do planeta devido aos serviços ecossistêmicos que fornecem (COSTANZA et al., 1997; FRENCH, 1997). Se por um lado os estuários desempenham papel importante para o homem, para a manutenção da vida selvagem desempenham papel essencial e inestimável a sua sobrevivência (BARBIER et al., 2011). Sobre este aspecto é cada vez mais importante avaliar o estado de conservação do ambiente estuarino com base em sua fauna, o que pode fornecer um diagnóstico eficaz para se determinar sua qualidade e integridade biológica.

Os crustáceos decápodos compreendem um grupo de artrópodos que totaliza cerca de 14.756 espécies (DE GRAVE et al., 2009), das quais um número bem mais restrito está adaptado a ampla variação de salinidade existente nos estuários, onde interage com sua vegetação e sedimentos finos, desempenhando papel fundamental no ciclo de vida de diferentes espécies animais e mesmo vegetais (NEVES; CABRAL; GORDO, 2007; SANCHEZ-MATA; LASTRA; MORA, 1993). Sua composição é relativamente bem conhecida na maioria dos estuários mundiais, normalmente composta por uma inexpressiva riqueza, mas elevada abundância, apresentando um máximo de duas espécies dominantes, porém na maioria dos estudos o modelo amostral objetivou a fauna de peixes ganhando maior destaque na maioria dos trabalhos (ABLE et al., 2002; LAZZARI, 2002; MAES et al., 1998; NEVES; CABRAL; GORDO, 2007; SZEDLMAYER; ABLE, 1996).

Em estudos de avaliação ambiental de ambientes estuarinos os peixes são comumente utilizados devido a grande diversidade e níveis trópicos, alto gradiente ambiental, ampla distribuição, fácil coleta e identificação, e relativa capacidade de detectar alterações ambientais (BORJA et al., 2008; DEEGAN et al., 1997; KARR, 1981; WHITFIELD; ELLIOTT, 2002). No caso dos crustáceos decápodos, por sua vez, seu uso ainda tem sido restrito a poucos estudos, normalmente incluídos em avaliações conjuntas com a ictiofauna ou

como parte integrante da fauna bentônica, ou avaliados enquanto presentes em ambientes terrestres (BILYARD, 1987; BROOK; GRANT; BELL, 2009; DIAZ; SOLAN; VALENTE, 2004; PINTO et al., 2009; SANY et al., 2015; WEISBERG et al., 1997).

Assim como em outros estuários mundiais, o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) está localizado em uma área de grande pressão econômica e social, tem sofrido os mais variáveis níveis de ocupação antrópica a décadas, especialmente pela presença do maior porto da América Latina (BURUAEM et al., 2013; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001). A necessidade de dragagens constantes por conta da área portuária causa efeitos diretos sobre a macrofauna bentônica alterando a diversidade, densidade e biomassa de organismos, contudo em locais de sedimentos móveis e finos, como em estuários, comunidades normalmente oportunistas adaptadas a perturbações frequentes podem apresentar rápida colonização (NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 1998; PALMER; MONTAGNA; NAIRN, 2008). A pesca é outra fonte de impacto neste estuário, principalmente sobre a fauna de crustáceos decápodos, especialmente siris do gênero *Callinectes* e camarões peneídeos (FAGUNDES et al., 2012; SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES; VAZ-DOS-SANTOS, 2008; SCALCO et al., 2014; SEVERINO-RODRIGUES; PITA; GRAÇA-LOPES, 2001)

No caso específico da região portuária, os impactos são expressivos, particularmente quanto as dragagens constantes para o aprofundamento dos canais de tráfego pelos navios, além da pesca artesanal dos crustáceos decápodos (p. ex., dos siris do gênero *Callinectes*; e caranguejos, como o *Ucides cordatus*), entre outros, que competem por espaço e uso do estuário (BRAGA et al., 2000; BURUAEM et al., 2013; CAMPUZANO et al., 2011; FAGUNDES et al., 2012; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001; MOSER et al., 2005; SCALCO et al., 2014). Diante deste cenário, o presente estudo visa avaliar o status de qualidade ambiental das regiões do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente com base na comunidade de crustáceos decápodos, fornecendo um diagnóstico das áreas amostrais, bem como possibilitando a comparação dos resultados obtidos com trabalhos futuros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) está localizado na região costeira do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil (23°30'–24°00'S e 46°15'–46°30'W) (Fig. 1). Com

aproximadamente 44 km² (MOSER et al., 2005), abriga áreas industriais, o maior porto da América Latina (7,7 km²) e uma intensa urbanização, inclusive de moradias irregulares que ocupam áreas de manguezal (palafitas) (AZEVEDO; BRAGA, 2011; BERBEL; FAVARO; BRAGA, 2015; BRAGA et al., 2000; CAMPUZANO et al., 2011; HORTELLANI et al., 2005; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001). Dragagens constantes dos canais de tráfego portuária e o descarte de resíduos domésticos e industriais contribuem ainda mais para degradação ambiental, principalmente por disponibilizarem poluentes na coluna d'água e intensificar a acumulação pela biota local (BERBEL; FAVARO; BRAGA, 2015; BURUAEM et al., 2013; MAGALHÃES et al., 2012; TORRES et al., 2009). A cunha salina, proveniente das águas costeiras, tem penetração até a região do alto estuário (áreas 04 e 05 – Figura 1), seus canais principais apresentam profundidades variando entre 1 a 20 metros e o sedimento estuarino é predominantemente lamoso e lamoso-arenoso (HARARI; CAMARGO, 1998; HARARI; DE CAMARGO, 2003; HARARI; GORDON, 2001; HORTELLANI et al., 2005; PARREIRA; HARARI, 2010).



Fig. 1. Mapa com localização das áreas de coleta da fauna de crustáceos no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) durante o período de julho/2010 a junho/2012. Fonte: Adaptado de OpenStreetMap© contributors, CC-BY-AS, <http://www.openstreetmap.org>

2.2 Coletas e métricas utilizadas

Para a coleta dos crustáceos decápodos foram realizadas coletas mensais em nove locais do estuário (Fig. 1), durante dois anos (julho/2010 a junho/2012). Foi utilizado o arrasto de fundo com portas com malha de 25 mm (corpo, saco e sobre-saco), medindo 1,2 m de comprimento de boca, 4,2 m de manga, 1,2 m de altura, totalizando 8,4 m de comprimento, sendo rebocado por embarcação de alumínio (5,2 metros de comprimento) equipada com motor de popa de 30 hp, com esforço padronizado quanto ao tempo de arrasto (10 min.) sendo registrado em GPS o início, quando a rede tocava o fundo, e o término de cada lance.

Anterior ao arrasto foram medidos os parâmetros físico-químicos da água de fundo (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e profundidade) utilizando uma sonda multiparâmetros, além disso informações sobre precipitação foram coletadas junto ao Centro de Informações Agrometeorológicas. Após a coleta o material foi trazido para o laboratório do Instituto de Pesca/APTA/SAA/SP, sendo posteriormente identificados com base em bibliografia especializada (COSTA et al., 2003; MELO, 1996; PÉREZ-FARFANTE, 1969; PÉREZ-FARFANTE; KENSLEY, 1997). As coletas foram conduzidas sob autorização do SISBio (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade, ‘Licença permanente para coleta de material zoológico’) nº 13605-1, de 28 de outubro de 2007.

2.3 Identificação dos estressores ambientais

Qualquer fator que interfere com o funcionamento normal de um sistema, seja ele biótico ou abiótico pode ser caracterizado como um estressor ambiental, com isso o comportamento de indivíduos, comunidades ou ecossistemas pode ser alterado por múltiplos estressores sejam eles isolados ou combinados (AUERBACH, 1981; VINEBROOKE et al., 2004). Desta forma, para avaliar a influência de possíveis estressores ambientais sobre a fauna de crustáceos na escala espacial e temporal foram identificados em campo e em consulta a bibliografias potenciais estressores ambientais (BRAGA et al., 2000; FERNANDINO et al., 2016; HORTELLANI et al., 2005; LAMPARELLI; COSTA; PROSPERI, 2001; MAGALHÃES et al., 2012; MATEUS; SAMPAIO; MATEUS, 2008) (vide Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Estressores ambientais identificados no Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), associados à variação espacial (áreas amostrais).

Área	Descrição	Porto	Esgoto não tratado + Resíduos sólidos (lixo)	Moradias irregulares (palafitas)	Número de Estressores Ambientais
Área 01	Canal do Porto	x		x	2
Área 02	Canal do Porto	x	x	x	3
Área 03	Canal do Porto	x		x	2
Área 04	Alto estuário	x	x		2
Área 05	Alto estuário	x			1
Área 06	Alto estuário		x	x	2
Área 07	Canal de São Vicente		x	x	2
Área 08	Canal de Bertioga		x	x	2
Área 09	Canal de Bertioga				0

Tabela 2. Estressores identificados no Sistema Estuarino de Santos-São Viente (SES), associados à variação temporal (estação climática, estação pluviométrica e intensidade de dragagem).

Período Seco/Chuvoso	Intensidade de dragagem
Seco	Alta
Chuvoso	Média Baixa

2.4 Análise dos dados

A fauna de crustáceos foi representada em função da sua abundância (número de indivíduos) e biomassa (em gramas). Uma análise de variância (ANOVA) foi usada para testar uma possível diferença entre as áreas amostrais quanto ao número de espécies (riqueza), densidade e biomassa, o mesmo ocorrendo, também, para cada um destes parâmetros populacionais em função das estações climáticas. Para isso, os parâmetros ambientais foram testados quanto a normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Levene), e padronizadas quando necessário utilizando $\log_{10}(x+1)$, a adequabilidade do modelo foi ainda avaliada com base na análise de resíduos. Quando significativo, as diferenças entre as médias foram identificadas aplicando teste “a posteriori” de Tukey. Quando não atendido os pressupostos para a análise de variância foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis como substituto, seguido pelo teste de comparação múltipla após Kruskal-Wallis (SIEGEL; CASTELLAN, 1988).

O diagnóstico de cada área teve como base a análise do perfil de diversidade de Rényi, tanto em escala espacial como temporal, descrevendo a comunidade segundo um *continuum* de diversidade (RÉNYI, 1961). Confrontado a outros índices ecológicos (p. ex., Shannon ou Simpson), com influência da riqueza ou equidade que podem ranquear diferentemente a

diversidade, conforme a escolha do índice, os perfis de diversidade permitem melhor abordagem no ordenamento de uma comunidade quanto a diversidade (MAGURA; LÖVEI; TÓTHMÉRÉSZ, 2010; TÓTHMÉRÉSZ, 1988, 1995). Além disso, é tido como um método visual de fácil diagnóstico, podendo fornecer os valores de índices de diversidade conhecidos, a saber: $\alpha=0$, está relacionado à riqueza de espécies, que pode ser obtida pelo $\exp(H \alpha)$; $\alpha=1$ o valor de $H \alpha$ será igual a Shannon; para $\alpha=2$, Simpson; e para $\alpha \rightarrow \infty$ o índice de dominância de Berger-Parker (MAGURA; LÖVEI; TÓTHMÉRÉSZ, 2010).

Uma análise multidimensional não-métrica (nMDS) foi aplicada para avaliar as diferenças na densidade de crustáceos em relação aos locais e estações climáticas com base na dissimilaridade de Bray-Curtis (OKSANEN, 1983, 2015). Posteriormente a matriz de densidade foi correlacionada a matriz ambiental utilizando o teste de Mantel, baseado no coeficiente de correlação produto-momento de Pearson (r) e, em seguida, cada componente ambiental foi ajustado à ordenação por permutação, resultando na proporção explicativa de cada componente ambiental (r^2); os vetores ambientais mais significativos ($p < 0,05$) foram sobrepostos ao nMDS (BORCARD; LEGENDRE, 2012). As distribuições no espaço multidimensional dos locais e estações também foram avaliadas quanto a formação de grupos relacionados aos estressores ambientais utilizando a função “ordihull” do pacote “vegan” e testados utilizando análise da variância multivariada por permutação com base em matrizes de distância (PERMANOVA), quando significativo ($p > 0,05$), foi aplicada uma análise de espécies indicadoras sobre a formação dos grupos (ANDERSON, 2001).

Para todas as análises foi utilizado o ambiente R: (R CORE TEAM, 2016) e os pacotes “car”, “indicspecies”, “pgrmess”, “multcomp”, “sciplot” e “vegan” (DE CACERES; LEGENDRE, 2009; FOX; WEISBERG, 2011; GIRAUDOUX, 2016; HOTHORN; BRETZ; WESTFALL, 2008; MORALES, 2012; OKSANEN et al., 2016).

3. RESULTADOS

3.1 Fatores Ambientais

Todos os fatores ambientais apresentaram diferenças significativas entre as áreas amostrais e estações climáticas, com exceção da temperatura e oxigênio dissolvido para as áreas (Tabela 3). No verão foi registrada a maior temperatura (28°C), contrastando com o

inverno (18°C). A salinidade foi mais elevada na Área 1 (entrada do Canal do Porto) e mais reduzida na Área 5 (Canal de Bertioiga), ambos no verão, com a Área 1 apresentado a maior diferenciação entre as demais amostradas, enquanto para as estações climáticas houve similaridade entre o verão, outono e inverno. O pH variou entre 9 (Área 7, durante o inverno) e 7 (Área 9, durante o outono), tendo ocorrido maior diferenciação na área do Canal de Bertioiga (áreas 8 e 9) em relação as demais, para as estações climáticas o inverno foi o principal fator de variação entre as demais para este parâmetro.

O oxigênio dissolvido foi mais elevado (8) durante o inverno em várias áreas amostrais, contrastando com as demais estações climáticas, além disso valores próximos a anoxia (0) foram observados durante o outono. A profundidade foi mais elevada (20 m) na Área 1 e reduzida (0,5 m) na Área 5, regiões localizadas na entrada do Canal do Porto e alto estuário, respectivamente. A precipitação contrastou principalmente entre o verão e inverno, onde foram registrados os maiores (289 mm) e menores (0 mm) valores acumulados, respectivamente.

Tabela 3. Resultados do teste de Kruskal-Wallis e teste de comparação múltipla para as áreas amostrais (análise espacial) e estações climáticas (análise temporal), considerando os parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido na água, profundidade e precipitação). Onde: GL, graus de liberdade; p , nível de probabilidade estatística; χ^2 , teste do qui-quadrado.

Análise Espacial	GL	χ^2	p	Áreas									
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	
Temperatura	8	7,59	0,45										
Salinidade	8	145,95	<0,001	a	b	bc	bc	d	bc	cd	cd	d	
pH	8	96,45	<0,001	a	a	a	a	ab	a	ab	bc	c	
Oxigênio	8	3,03	0,93										
Profundidade	8	221,99	<0,001	a	b	bc	b	d	c	b	bc	b	
Análise Temporal	GL	χ^2	p	Verão		Outono		Inverno		Primavera			
Temperatura	7	191,53	<0,001	a		b		c			b		
Salinidade	7	18,10	<0,001	a		ab		a			b		
pH	7	36,50	<0,001	a		ab		c			b		
Oxigênio	7	58,17	<0,001	a		a		b			a		
Precipitação	7	9,30	0,02	a		ab		b			ab		

3.2. Macrofauna de crustáceos

No Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) foram capturadas 24 espécies de crustáceos, pertencentes a 11 famílias, onde Portunidae e Penaeidae apresentaram maior número de espécies (Tabela 4). O siri *Callinectes danae* foi a espécie mais abundante em densidade e biomassa, correspondendo, respectivamente, a 58% e 79% do total; outras duas

espécies de portunídeos (*Callinectes ornatus* e *Achelous spinimanus*), ocuparam o segundo e terceiro lugar em densidade e biomassa, respectivamente. Três espécies de siris *Callinectes danae*, *C. ornatus* e *C. sapidus*, além do camarão-branco *Litopenaeus schmitti*, apresentaram ocorrência em todas as áreas amostrais. Entre as estações climáticas, além dos siris *C. danae* e *C. ornatus* e do camarão-branco *Litopenaeus schmitti*, *Hepatus pudibundus* e *Charybdis (C.) hellerii* também ocorreram em todas as estações, porém estas duas últimas apresentaram densidade relativa muito baixa.

A variação da densidade e número de espécies foi significativa entre as áreas amostrais e estações climáticas, já para a biomassa houve contraste apenas entre as estações climáticas, além de não ser confirmada interação significativa entre os fatores área e estação climática em nenhum dos modelos (Fig. 2). Em relação ao aspecto sazonal, as médias de abundância, biomassa e número de espécies foram maiores nas áreas 1 e 2, localizados no Canal do Porto, onde ocorreu uma maior interface com a região costeira. No entanto, não houve diferença significativa entre as áreas quanto a biomassa, embora sejam notórios valores médios maiores nesta região. *Achelous spinimanus* e *Callinectes danae* foram as espécies de maior abundância na Área 1 (224 e 219 indivíduos, respectivamente), com a primeira ocorrendo em outras duas áreas com reduzida abundância (Área 2 = 3 ind.; e Área 6 = 1 ind.), e a segunda com uma distribuição e abundância mais amplas, em todas as áreas amostradas. Quanto ao aspecto temporal, primavera e verão registraram os maiores valores médios para todos os fatores, ficando claro seu contraste ao ser confrontado aos valores de outono e inverno. Mais uma vez *C. danae* foi a espécie de maior abundância no verão (n=460), acompanhada de *Callinectes ornatus* (n=114) e *Litopenaeus schmitti* (n=103), com redução do registro de abundância dessas espécies nas demais estações climáticas.

Tabela 4. Espécies de crustáceos decápodos (B, bomassa; Nt, abundância) coletadas ao longo Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES), entre julho/2010 a junho/2012, em áreas amostrais (análise espacial) e estações climáticas (análise temporal). Onde: Inv, inverno; Out, outono; P, primavera; e Ver, verão.

Famílias	Espécies	Nt	B(g)	Áreas									Estações				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ver	Out	Inv	Pri	
Alpheidae	<i>Alpheus formosus</i>	2	562											x			x
Calappidae	<i>Hepatus pudibundus</i>	13	136	x	x	x		x						x	x	x	x
Diogenidae	<i>Dardanus insignis</i>	15	103	x	x	x				x				x	x		x
	<i>Petrochirus diogenes</i>	8	45		x					x	x			x	x	x	
Epialtidae	<i>Libinia ferreirae</i>	2	2												x		
Inachidae	<i>Stenorhynchus seticornis</i>	1	2	x													x
Leucosiidae	<i>Persephona mediterranea</i>	1	6		x												x
Ocypodidae	<i>Ucides cordatus</i>	2	360														x
Paguridae	<i>Pagurus criniticornis</i>	3	10		x	x											x
Palaemonidae	<i>Palaemon pandaliformis</i>	1	1														x
Penaeidae	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	27	106	x													x
	<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	53	166	x	x	x	x	x	x	x	x						x
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	192	1.101	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Rimapenaeus constrictus</i>	12	28							x							x
	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	38	116	x	x		x			x							x
Portunidae	<i>Achelous spinicarpus</i>	11	180	x	x												x
	<i>Achelous spinimanus</i>	228	3.110	x	x												x
	<i>Callinectes danae</i>	1.260	44.344	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Callinectes exasperatus</i>	1	176				x										x
	<i>Callinectes ornatus</i>	251	2.418	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	<i>Callinectes sapidus</i>	27	2.701	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	<i>Charybdis (C.) hellerii</i>	14	174	x						x		x					x
	<i>Cronius ruber</i>	1	6		x												x
Xanthidae	<i>Panopeus americanus</i>	1	17								x						x
Total de indivíduos: 2.164																	
Total de espécies: 24																	
Número de coletas: 209																	

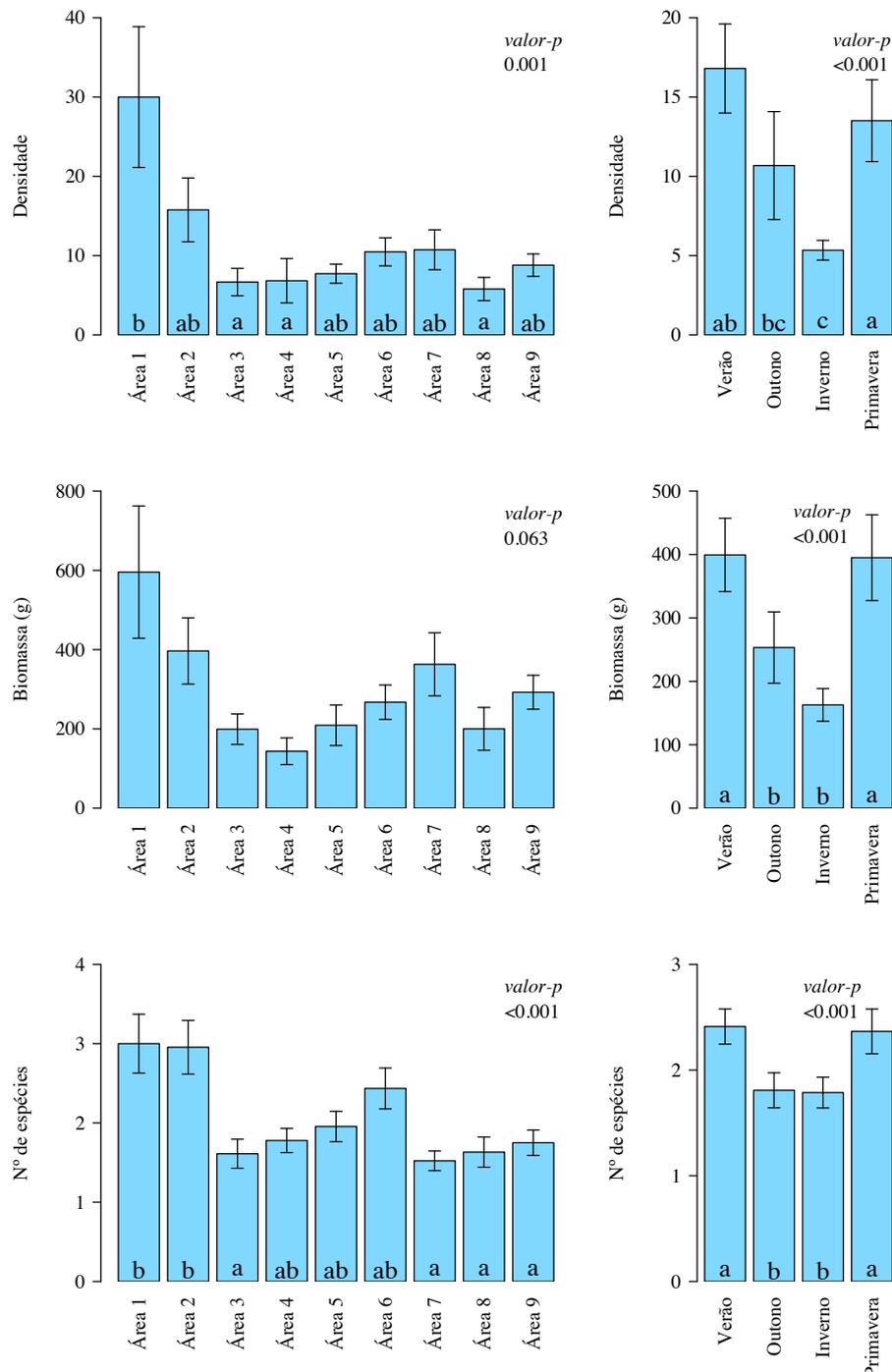


Fig. 2. Variação espacial e temporal (média \pm erro padrão) e significância do teste de comparação para densidade, biomassa e número de espécies coletados ao longo do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente entre julho de 2010 e junho de 2012.

Os perfis de diversidade de Rényi apresentaram grande variação nos padrões de riqueza e equabilidade, existindo cruzamento da maioria deles, o que indica que muitas áreas do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente não são distintas quanto à diversidade (Fig. 3). Contudo a Área 7, localizada na entrada do Canal de São Vicente, é a que apresenta a menor

diversidade de toda região avaliada, por outro lado, a Área 1, na entrada do Canal do Porto de Santos, responde pelo melhor perfil de diversidade, ainda que em termos de riqueza seja inferior a Área 2. Sobre este aspecto, valores de riqueza e diversidade de Shannon e Simpson podem ser obtidos com base na relação entre alpha e H alpha, desta forma, a riqueza (calculada pelo valor exponencial onde $\alpha=0$) foi maior na Área 2 (14 espécies) e menor na Área 7 (6 espécies). A diversidade de Shannon ($\alpha=1$) foi 1,64 na Área 1, apresentando contraste de diversidade três vezes superior ao da Área 7 (0,54), sendo o mesmo verificado para o índice de Simpson ($\alpha=2$), com o valor para a Área 1 (1,32), quase sete vezes superior ao da Área 7 (0,27).

Em relação as estações climáticas, não foi verificada diferenciação quanto a diversidade, os perfis de diversidade apresentaram cruzamento entre as quatro estações avaliadas. Se considerarmos os índices que compoem o perfil de diversidade vemos que o verão foi o mais diverso em relação a Shannon ($\alpha=1$), porém o segundo em relação a Simpson ($\alpha=2$), sendo o inverso observado para o outono. Tais divergências estão relacionadas às variações que tais índices sobrem por diferenças na riqueza e equidade das amostras, reforçando a impossibilidade de separação quanto a diversidade.

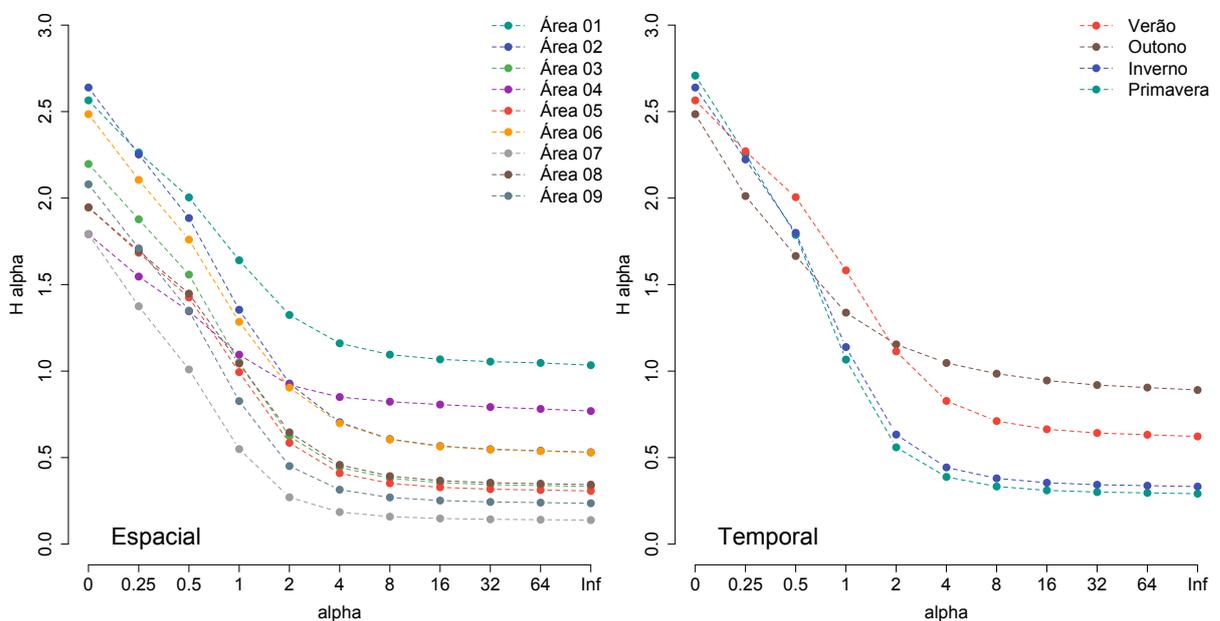


Figura 3. Perfil de diversidade de Rényi para a comunidade de crustáceos decápodos do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente em relação às áreas amostrais (análise espacial) e estações climáticas (análise temporal).

A Tabela 5 e Fig. 4 apresentam os resultados da análise multivariada em escala espacial (áreas) e temporal (estações climáticas). Em relação à componente espacial algumas

áreas foram muito similares quanto a estrutura da fauna de crustáceos decápodos, apesar de estarem mais distantes geograficamente que outras (p. ex., áreas 4 e 7, a primeira no alto estuário e a segunda na entrada do Canal de São Vicente). A matriz de abundância dos crustáceos decápodos apresentou associação significativa com a matriz ambiental, porém a correlação foi relativamente baixa (Mantel: $p=0,03$, $r=0,37$). A salinidade (SAL) e temperatura (TEMP) foram as variáveis ambientais com associação significativa a distribuição das espécies nas áreas (SAL $p=0,004$, $r^2=0,82$; TEMP $p=0,031$, $r^2=0,68$), a salinidade foi maior nas áreas 1, 2 e 3 localizadas na entrada do Canal do Porto, o que era esperado pela maior influência das águas costeiras, por outro lado a temperatura foi maior na região do Canal de Bertioga (áreas 8 e 9), seguida pela área do alto estuário (áreas 4 e 5) e Canal de São Vicente (Área 7). O Canal do Porto de Santos não compartilhou apenas parâmetros físico-químicos que o diferencia das demais regiões do estuário, nesta área também foram registrados alguns táxons de ocorrência preponderantemente marinha, sendo estes de pequeno porte e baixa abundância relativa. Em relação as variáveis consideradas fonte de estresse ambiental (categóricas), não foi verificada qualquer relação com a distribuição espacial dos crustáceos decápodos, o valor mais próximo ficou com a presença do porto, contudo apresentando correlação muito baixa.

Para a avaliação temporal, a abundância de crustáceos decápodos nas estações climáticas não apresentou padrão claro de distribuição no espaço multidimensional, pois enquanto algumas das coletas de primavera e verão estão próximas, outras estão mais associadas ao inverno, diferindo do padrão esperado (primavera-verão e outono-inverno). Considerando o resultado do teste de Mantel a matriz ambiental não apresentou nenhuma relação com a carcinofauna de decápodos (Mantel: $p=0,16$, $r=0,09$), embora o oxigênio dissolvido tenha apresentado certa correlação com a ordenação ($p=0,007$, $r^2=0,49$). Quanto aos fatores de estresse (variáveis categóricas), para a avaliação temporal, as correlações foram muito baixas, apesar de significativas (Estação seca/chuvosa: $r^2=0,16$ $p=0,001$; e Intensidade de dragagem: $r^2=0,18$ $p=0,006$), não permitindo grandes inferências sobre a distribuição da carcinofauna de decápodos em função de agrupamentos formados por estes fatores.

Tabela 5. Resultados do nMDS (escalonamento multidimensional não-métrico) para as áreas de estudo (espacial) e períodos de coleta (temporal), e resultados das análises da ordenação em função das variáveis contínuas (análise envfit) e categóricas (análise permanova). Valores de significância $p < 0,05$ estão em negrito. Onde: nMDS1 e 2, representam as dimensões; r^2 , proporção explicada pela variável; p , significância estatística e SSQ, soma dos quadrados.

Variações em função das áreas de amostragem (espacial)						
		Variável	nMDS1	nMDS2	r^2	p
Contínuas	Temperatura		0,998	-0,045	0,689	0,031
	Salinidade		-0,963	-0,267	0,820	0,004
	pH		-0,615	-0,788	0,601	0,094
	OD (ppm)		0,982	-0,183	0,231	0,407
	Profundidade		-0,940	0,339	0,730	0,079
Variações em função das estações climáticas (temporal)						
		Variável	nMDS1	nMDS2	r^2	p
Categóricas	Descarga de esgoto/Lixo		0,059	1,058	0,102	0,398
	Porto		0,130	2,306	0,224	0,072
	Moradias irregulares/palafitas		0,108	1,926	0,187	0,111
Variações em função das estações climáticas (temporal)						
		Variável	nMDS1	nMDS2	r^2	p
Contínuas	Temperatura		-0,465	0,885	0,162	0,162
	Salinidade		-0,438	-0,898	0,077	0,455
	pH		0,993	0,112	0,100	0,350
	OD (ppm)		-0,946	-0,324	0,495	0,007
	Profundidade		0,145	0,989	0,140	0,243
Categ.	Estação seca/chuvosa		0,508	5,021	0,169	0,001
	Intensidade de dragagem		0,562	2,778	0,187	0,006

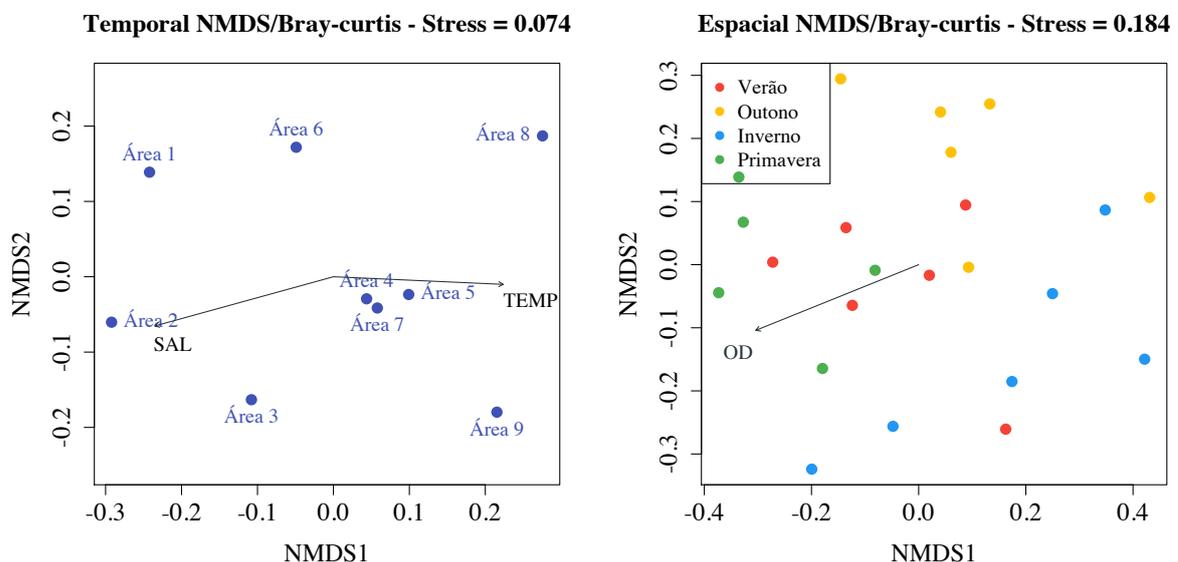


Fig. 4. Ordenação nMDS para as áreas (espacial) e estações climáticas (temporal) de amostragem com representação das variáveis contínuas de valor significativo ($p < 0,05$) descritas como vetores (setas) com seus respectivos gradientes (isolinhas). Onde: SAL, salinidade; TEMP, temperatura; e OD, oxigênio dissolvido.

4. DISCUSSÃO

Até onde sabemos esta é a primeira vez que a carcinofauna de crustáceos decápodos foi utilizada para avaliar as áreas do Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) quanto a qualidade ambiental. Além disso, se considerarmos o uso dos perfis de diversidade de Rényi, possivelmente este seja um dos primeiros estudos que utiliza este método para descrever a diversidade faunística destes crustáceos. Neste contexto, ficou claro que em alguns casos é imprudente classificar locais ou períodos de coleta quanto a um índice específico de diversidade, já que dependendo da escolha, esta categorização pode variar. Adicionalmente, este é um dos poucos estudos no SES que avaliaram a fauna de crustáceos decápodos em sua totalidade e não apenas gêneros ou espécies específicas, envolvendo coletas de grande amplitude espacial e temporal. Sob este aspecto, pode-se constatar que as espécies que compõem a comunidade se distribuem de forma heterogênea ao longo das áreas e estações climáticas, poucas tendo sido frequentes e/ou dominantes, mas com uma forte associação às águas costeiras.

A região do estuário com maior diversidade esteve localizada na entrada do Canal do Porto de Santos (Área 1). Se por um lado esta região é supostamente impactada pela presença do porto, onde são realizadas dragagens de manutenção e aprofundamento, por outro parece ser o local de melhor qualidade ambiental no que se refere a diversidade dos crustáceos decápodos. De fato a dragagem afeta diretamente a macrofauna bentônica, com redução do número de espécies (riqueza), bem como sua abundância e biomassa, contudo, apresenta uma recolonização relativamente rápida, geralmente composta por espécies oportunistas, que ali ocorrem em grande abundância e são adaptadas às alterações na qualidade ambiental (NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 1998). Além disso, esta área foi a que apresentou uma maior interface com a região costeira, sendo um ecótono para a maioria das espécies de crustáceos registradas no presente estudo.

Com o uso dos perfis de diversidade foi possível identificar a área de maior diversidade (Área 1 – entrada do Canal do Porto) e, portanto, com maior qualidade ambiental, assim como aquela de menor diversidade (Área 7 – entrada do Canal de São Vicente), porém não foi possível ranquear as demais áreas do estuário, o que por outro lado pode ter um resultado positivo por não incorrer em um julgamento incorreto quanto a diversidade. O tipo de sedimento é outro fato importante que pode ter contribuído para semelhança entre as áreas no que se refere a estrutura ecológica dos crustáceos. No SES, sendo predominantemente fino, favorece a presença de espécies oportunistas, conseqüentemente é observado uma menor

riqueza e diversidade, além do aumento da dominância (NEGREIROS-FRANSOZO et al., 1991; NEWELL; SEIDERER; HITCHCOCK, 1998; SANCHEZ-MATA; LASTRA; MORA, 1993).

Sete espécies apresentaram uma maior abundância na Área 1, dentre as quais o siri *Callinectes danae* e três espécies de camarões peneídeos (*Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Xiphopenaeus kroyeri*), todas elas consideradas recursos pesqueiros explorados pelas frotas comerciais paulista na região marinha e, no caso de *C. danae* e *L. schmitti*, pela pesca artesanal na região estuarina (D'INCAO; VALENTINI; RODRIGUES, 2002; SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES; VAZ-DOS-SANTOS, 2008; SCALCO et al., 2014; SEVERINO-RODRIGUES; PITA; GRAÇA-LOPES, 2001). De fato, no que se refere aos crustáceos decápodos, o número de espécies (24) bem como as respectivas densidades, demonstram que o ambiente, apesar do número de ações atópicas, ainda se mantém vaforável a este grupo faunístico. A exemplo, o siri *C. danae* tem sido estudado neste estuário a décadas, sendo, ainda, um dos principais recursos pesqueiros para a comunidade de pescadores tradicionais locais, e ainda assim se mantém como o principal crustáceo decápodo em termos de abundância (FAGUNDES et al., 2012; PITA et al., 1985; SCALCO et al., 2014), o mesmo ocorrendo com o camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*), capturado pela pesca artesanal para venda como isca-viva usada na pesca esportiva de peixes estuarinos (SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES; VAZ-DOS-SANTOS, 2008).

A respeito da composição de crustáceos decápodos encontrada no SES, o padrão verificado, com reduzido número de espécies, em sua maioria raras, e poucas dominantes, é similar ao descrito para outros estuários ao redor do mundo. Por exemplo, no estuário do Sado (Portugal), apesar de 33 espécies registradas, uma única (o carídeo *Cangron cangron*) totalizou 63% da densidade e quase $\frac{3}{4}$ foram consideradas raras (NEVES; CABRAL; GORDO, 2007), em outro estuário, na região da Bélgica duas espécies de camarões (*Palaemonetes varians* e *C. crangon*) foram responsáveis por 67% da abundância, de um total de 9 espécies de crustáceos (MAES et al., 1998).

Estudos sobre a composição de crustáceos no SES foram realizados por Moreira et al. (1988) utilizando armadilhas na região da baía e estuário, sendo registrada apenas 5 espécies no estuário onde *C. danae* foi a mais abundante (86,3% do total), e Reigada et al. (2005) utilizando arrasto na entrada do Canal de São Vicente (áreas 6 e 7 do presente estudo) computando 26 espécies porém sem registro das abundâncias relativas. O presente estudo registrou 24 espécies estando mais próximo a riqueza registrada no Canal de São Vicente, o que evidencia a influência do método de coleta. Talvez a maior dificuldade em avaliar o

ambiente estuarino com base na fauna de crustáceos decápodos reside na estratégia de amostragem. A eficiência dos diferentes métodos de coleta pode variar de acordo com a complexidade ambiental (ROZAS; MINELLO, 1997). Neste sentido, optou-se pelo uso do arrasto por ser um aparelho ativo, pouco seletivo e de fácil utilização, facilitando seu uso em áreas com grande movimentação de navios, porém restrito a regiões de maior profundidade conforme a altura da rede. Por conta disso, espécies de pequeno porte, como da família Mysidae, não foram registradas nas coletas mesmo presentes no SES, além disso, a abundância do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* foi inferior à esperada para este estuário, devendo ser adotado, para aumento da eficiência, coletas com “gerival” (PACHECO; WAHRLICH, 2003; SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES; VAZ-DOS-SANTOS, 2008).

Uma estratégia recomendada em futuros estudos sobre a fauna de crustáceos decápodos no SES é a adoção de diferentes métodos de coleta, variando nos diferentes compartimentos ambientais do estuário. Esta estratégia já foi adotada previamente com sucesso em estuários por Able et al. (2002), o que poderia garantir aumento do número de descritores da comunidade de crustáceos, melhorando o modelo geral de diagnose. Contudo, a dinâmica da fauna de crustáceos no SES parece estar mais relacionada ao ciclo de vida de suas espécies, o que possivelmente não seria alterado com o aumento da malha amostral, confirmado-se a influência da salinidade na maior riqueza e abundância relativas nas áreas de maior interface marinha. Recomenda-se, portanto, que qualquer intervenção de origem antrópica seja realizada fora dos períodos de recrutamento e reprodução, preferencialmente nos meses de menor abundância, neste caso o inverno, minimizando, assim, o impacto sobre a comunidade.

5. REFERÊNCIAS

ABLE, K. W. et al. Seasonal distribution and abundance of fishes and decapod crustaceans in a Cape Cod Estuary. **Northeastern Naturalist**, v. 9, n. 3, p. 285–302, 2002.

ANDERSON, M. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Australian Ecology**, n. 2001, p. 32–46, 2001.

AUERBACH, S. I. Ecosystem response to stress: A review of concepts and approaches. In: BARRETT, G. W.; ROSENBERG, R. (Eds.). in: **Stress Effects on Natural Ecosystems**. G.W. BARRETT; R. ROSENBERG. Chichester, England: J. Wiley & Sons, 1981. p. 29–41.

AZEVEDO, J. D. S.; BRAGA, E. S. Caracterização hidroquímica para qualificação ambiental dos estuários de Santos-São Vicente e Cananéia. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 44, n. 2, p. 52–61, 2011.

BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169–193, 2011.

BERBEL, G. B. B.; FAVARO, D. I. T.; BRAGA, E. S. Impact of harbour, industry and sewage on the phosphorus geochemistry of a subtropical estuary in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 93, n. 1–2, p. 44–52, 2015.

BILYARD, G. R. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, n. 11, p. 581–585, 1987.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P. Is the Mantel correlogram powerful enough to be useful in ecological analysis? A simulation study. **Ecology**, v. 93, n. 6, p. 1473–1481, 2012.

BORJA, A. et al. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 9, p. 1519–1537, set. 2008.

BRAGA, E. S. et al. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System - Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 2, p. 165–173, fev. 2000.

BROOK, S.; GRANT, A.; BELL, D. Can land crabs be used as a rapid ecosystem evaluation tool? A test using distribution and abundance of several genera from the Seychelles. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 5, p. 711–719, 2009.

BURUAEM, L. M. et al. Integrated quality assessment of sediments from harbour areas in Santos-São Vicente Estuarine System, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 130, n. 0, p. 179–189, 20 set. 2013.

CAMPUZANO, F. J. et al. Integrated coastal zone management in South America: A look at three contrasting systems. **Ocean & Coastal Management**, v. 72, p. 22–35, fev. 2011.

COSTA, R. C. DA et al. Chave ilustrada para identificação dos camarões dendrobranchiata do Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 2003.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 15 maio 1997.

D'INCAO, F.; VALENTINI, H.; RODRIGUES, L. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Atlântica**, v. 40, n. 2, p. 103–116, 2002.

DE CACERES, M.; LEGENDRE, P. **Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference**. Ecology. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/miqueldecaceres/software>>.

DE GRAVE, S. et al. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. **Raffles Bulletin of Zoology**, v. 21, n. 21, p. 1–109, 2009.

- DEEGAN, L. A. et al. Development and Validation of an Estuarine Biotic Integrity Index. **Estuaries**, v. 20, n. 3, p. 601, 1997.
- DIAZ, R. J.; SOLAN, M.; VALENTE, R. M. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. **Journal of Environmental Management**, v. 73, n. 3, p. 165–181, 2004.
- FAGUNDES, L. et al. Aspectos produtivos da pesca extrativa na Vila dos Pescadores, Cubatão, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 42, n. 6, p. 23–31, 2012.
- FERNANDINO, G. et al. Considerations on the effects of tidal regimes in the movement of floating litter in an estuarine environment: Case study of the estuarine system of Santos-São Vicente, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, n. 1, p. 591–595, 2016.
- FOX, J.; WEISBERG, S. **An R Companion to Applied Regression, Second Edition**. [s.l.] Thousand Oaks CA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>, 2011.
- FRENCH, P. W. **Coastal and Estuarine Management**. v. 165. 1997.
- GIRAUDOUX, P. **pgirmess: Data Analysis in Ecology**. R package version 1.6.4. <https://CRAN.R-project.org/package=pgirmess>, 2016.
- HARARI, J.; CAMARGO, R. DE. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): circulação de maré. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 46, n. 2, p. 135–156, 1998.
- HARARI, J.; DE CAMARGO, R. Numerical simulation of the tidal propagation in the coastal region of Santos (Brazil, 24°S 46°W). **Continental Shelf Research**, v. 23, n. 16, p. 1597–1613, 2003.
- HARARI, J.; GORDON, M. Simulações Numéricas da Dispersão de Substâncias no Porto e Baía de Santos, sob a Ação de Marés e Ventos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 4, p. 115–131, 2001.
- HORTELLANI, M. A. et al. Evaluation of mercury contamination in sediments from Santos - São Vicente Estuarine System, São Paulo State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6 A, p. 1140–1149, 2005.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008.
- KARR, J. R. Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. **Fisheries**, 1981.
- LAMPARELLI, M. C.; COSTA, M. P. DA; PROSPERI, V. A. **Sistema estuarino de Santos e São Vicente**. São Paulo: CETESB, 2001.
- LAZZARI, M. A. Epibenthic fishes and decapod crustaceans in northern estuaries: A comparison of vegetated and unvegetated habitats in maine. **Estuaries**, v. 25, n. 6, p. 1210–1218, 2002.

MAES, J. et al. Seasonal patterns in the fish and crustacean community of a turbid temperate estuary (Zeeschelde Estuary, Belgium). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 47, n. 2, p. 143–151, 1998.

MAGALHÃES, C. A. et al. PCBs, PBDEs and organochlorine pesticides in crabs *Hepatus pudibundus* and *Callinectes danae* from Santos Bay, State of São Paulo, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 3, p. 662–667, 2012.

MAGURA, T.; LÖVEI, G. L.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 16–26, 2010.

MATEUS, M.; SAMPAIO, A. F. P.; MATEUS, S. An ecological model application to the Santos estuary, Brazil: testing and validation. **Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America**, p. 401–424, 2008.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo, Brazil: Plêiade, 1996.

MORALES, M. **sciplot: Scientific Graphing Functions for Factorial Designs**. [s.l.] R package version 1.1-0. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=sciplot>>.

MOREIRA, P. S. et al. Bioecologia de crustáceos decapodos, braquiúros, no Sistema Baía-Estuário de Santos e São Vicente, SP, 1. Ocorrência e composição. **Bolm Instituto Oceanográfico de São Paulo**, v. 36, n. 1/2, p. 55–62, 1988.

MOSER, G. A. O. et al. Instantaneous transport of salt, nutrients, suspended matter and chlorophyll-a in the tropical estuarine system of Santos. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 53 (3/4), p. 115–127, 2005.

NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. et al. Caracterização física e química da enseada de Fortaleza Ubatuba, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p. 114–120, 1991.

NEVES, A.; CABRAL, H. N.; GORDO, L. S. Distribution and abundance patterns of decapod crustaceans in the Sado estuary, Portugal. **Crustaceana**, v. 80, n. 1, p. 97–112, 2007.

NEWELL, R. C.; SEIDERER, L. J.; HITCHCOCK, D. R. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. **Oceanography and Marine Biology**, v. 36, p. 127–178, 1998.

OKSANEN, J. Ordination of boreal heath-like vegetation with principal component analysis, correspondence analysis and multidimensional scaling. **Vegetatio**, 1983.

OKSANEN, J. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. **R documentation**, p. 43, 2015.

OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package**. [s.l.] R package version 2.4-0. 2016. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=vegan>>.

- PACHECO, A. A. M.; WAHRLICH, R. Estudo do emprego de motor na pesca do gerival na Baía Da Babitonga, Santa Catarina. **Notas Téc. Facimar**, v. 7, p. 37–46, 2003.
- PALMER, T. A.; MONTAGNA, P. A.; NAIRN, R. B. The effects of a dredge excavation pit on benthic macrofauna in offshore Louisiana. **Environmental Management**, v. 41, n. 4, p. 573–583, 2008.
- PARREIRA, C. N.; HARARI, J. **Análise da poluição no estuário de Santos-São Vicente (SP) por meio de correlação entre hidrodinâmica e toxicidade da água e dos sedimentos**. Safety, Health and Environment World Congress. **Anais...**2010
- PÉREZ-FARFANTE, I. **Western Atlantic Shrimps of the Genus Penaeus** *Fishery Bulletin*, 1969.
- PÉREZ-FARFANTE, I.; KENSLEY, B. Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera. **Editions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris**, v. 175, p. 1–79, 1997.
- PINTO, R. et al. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 1, p. 1–25, 2009.
- PITA, J. B. et al. Levantamento da família Portunidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura) no Complexo Baía-Estuário de Santos, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 12, n. 3, p. 153–162, 1985.
- PRITCHARD, D. W. **What is an Estuary: Physical Viewpoint** *The sea: ideas and observations on progress in the study of the seas*, 1967. Disponível em: <<http://books.google.se/books?id=Hc3MpwAACAAJ>>
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing** Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>
- REIGADA, Á. L. D. et al. Macrocrustaceans of non-consolidated sublittoral of the São Vicente Estuarine Bay Complex, São Paulo state, Brazi. **Check List**, v. 2, n. 1, p. 84–88, 2005.
- RÉNYI, A. **On measures of entropy information**. Fourth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability. **Anais...**1961
- ROZAS, L. P.; MINELLO, T. J. Estimating Densities of Small Fishes and Decapod Crustaceans in Shallow Estuarine Habitats: A Review of Sampling Design with Focus on Gear Selection. **Estuaries**, v. 20, n. 1, p. 199, 1997.
- SANCHEZ-MATA, A.; LASTRA, M.; MORA, J. Macrobenthic crustacean characterization of an estuarine area. **Crustaceana**, v. 64, n. 3, p. 337–355, 1 jan. 1993.
- SANTOS, J. L. DOS; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da Baixada Santista, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 375–389, 2008.

SANY, S. B. T. et al. Ecological quality assessment based on macrobenthic assemblages indices along West Port, Malaysia coast. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1331–1341, 2015.

SCALCO, A. C. S. et al. Captura de siris pela comunidade da Vila dos Pescadores (Cubatão) no estuário de Santos-São Vicente. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 389–395, 2014.

SEVERINO-RODRIGUES, E.; PITA, J. B.; GRAÇA-LOPES, R. DA. Pesca artesanal de siris (Crustacea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 1, p. 7–19, 2001.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, J. N. J. Non-parametric statistics for the behavioural sciences. In: **McGraw-Hill Int.** [s.l: s.n.]. p. 213–214.

SZEDLMAYER, S. T.; ABLE, K. W. Patterns of seasonal availability and habitat use by fishes and decapod crustaceans in a Southern New Jersey Estuary. **Estuaries**, v. 19, n. 3, p. 697–709, 1996.

TORRES, R. J. et al. Effects of dredging operations on sediment quality: Contaminant mobilization in dredged sediments from the Port of Santos, SP, Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, v. 9, n. 5, p. 420–432, 2009.

TÓTHMÉRÉSZ, B. On the characterization of scale-dependent diversity. **Abstracta Botanica**, v. 22, p. 149–156, 1988.

TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283–290, 1995.

VINEBROOKE, R. D. et al. Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: The role of species co-tolerance. **Oikos**, v. 104, n. 3, p. 451–457, 2004.

WEISBERG, S. B. et al. An Estuarine Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. **Estuaries**, v. 20, n. 1, p. 149, mar. 1997.

WHITFIELD, A. K.; ELLIOTT, M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. **Journal of Fish Biology**, v. 61, n. sa, p. 229–250, dez. 2002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SES) se mantém estável frente aos diferentes usos pelo homem. É impossível navegar por suas águas e perceber o nível de utilização desse ambiente, os fatores de estresse ambiental (p. ex., dragagens dos berços de atracação e do canal de navegação, indústria, pesca, transporte e moradia ilegal) são visualmente identificados, porém seu status não pode ser categorizado como severamente impactado. Tanto a comunidade de peixes como de crustáceos decápodos mantém níveis de abundância e biomassa suficientes para sustentar a estrutura de suas comunidades, assim como a pesca artesanal. Além disso, o estuário continua contribuindo para a biomassa capturada pela frota comercial paulista, já que muitas espécies identificadas são exploradas quando em águas costeiras.

A estrutura básica da comunidade é semelhante à dos estuários de outras regiões do mundo e do Brasil. No caso dos peixes, é composta pelo elevado número de espécies, e no caso dos crustáceos decápodos, por uma riqueza de espécies reduzida. Contudo, em ambos os casos ocorre a dominância de poucas espécies, que aliada ao maior volume numérico do que em biomassa, é um indicativo de ambientes impactados por pressão antrópica.

Tanto o método de coleta quanto de análise se mostraram adequados para avaliar as comunidades dos dois grupos taxonômicos, especialmente o uso dos perfis de diversidade de Rényi sobre o componente espacial. Sobre este aspecto espere-se que tal método seja mais utilizado, visando a comparação de perfis de diversidade entre os mais distintos estuários.

O presente trabalho fornece uma grande atualização sobre o SES, sendo fundamental para balizar possíveis medidas de gestão na região estuarina. Por ocasião dos acidentes ocorridos nos terminais portuários, cada vez mais frequentes e que já resultaram em alta mortalidade de espécies, a replicação da metodologia aplicada pode fornecer um diagnóstico do nível de recuperação dessas áreas estuarinas.

Em um ambiente como o Sistema Estuarino de Santos-São Vicente o princípio de precaução deve sempre ser a primeira escolha, procurando trabalhar sempre abaixo do nível em que o estresse possa causar efeitos deletérios sobre as comunidades. Ainda que a qualidade ambiental seja melhor que a esperada, e que as comunidades suportem diferentes estressores ambientais, isso não permite o uso indiscriminado de suas áreas e águas. Assim, torna-se fundamental a adoção de um monitoramento que avalie, continuamente, a magnitude e variação espacial e temporal dos impactos antrópicos sobre a fauna aquática.