

# RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 17/02/2019.



**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**

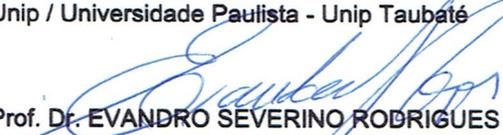
**AUTOR: MARCELO RICARDO DE SOUZA**

**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

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>2</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
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
<b>CAPÍTULO 2</b>	
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
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>

## 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.

## 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.