



Acta Biológica Colombiana

ISSN: 0120-548X

racbiocol_fcbog@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia Sede

Bogotá

Colombia

FISCH, Fabiane; Olinto BRANCO, Joaquim; de MENEZES, João Thadeu
ICTIOFAUNA COMO INDICADOR DA INTEGRIDADE BIÓTICA DE UM AMBIENTE DE
ESTUÁRIO

Acta Biológica Colombiana, vol. 21, núm. 1, enero-abril, 2016, pp. 27-38

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Bogotá, Colombia

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319043374003>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc



Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / ORIGINAL RESEARCH PAPER

ICTIOFAUNA COMO INDICADOR DA INTEGRIDADE BIÓTICA
DE UM AMBIENTE DE ESTUÁRIO

Ichthyofauna as Indicator of Biotic Integrity of an Estuarine Area

Ictiofauna como indicador de la integridad biótica de un
ambiente estuarino

Fabiane FISCH¹, Joaquim Olinto BRANCO¹, João Thadeu de MENEZES¹.

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Brasil. Rua Uruguai, 458, Centro, Itajaí/Santa Catarina, Brasil.

For correspondence. fabianebarraagens@hotmail.com

Received: 13th October 2014, **Returned for revision:** 2nd January 2015, **Accepted:** 12th May 2015.

Associate Editor: Alan Giraldo.

Citation / Citar este artículo como: Fisch F, Branco JO, de Menezes JT. Ictiofauna como indicador da integridade biótica de um ambiente de estuário. Acta biol. Colomb. 2016;21(1):27-38. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n1.46151>

RESUMO

Inúmeros métodos são utilizados para calcular índices de integridade biótica (IIB) em diferentes regiões do mundo. Esse trabalho teve por objetivo calcular o Índice de Integridade Biótica (IIB), para uma área estuarina no Sul do Brasil, a partir de dados da comunidade de peixes e avaliar suas flutuações ao longo dos anos. Neste estudo foram estabelecidos quatro pontos para amostragem da ictiofauna, no estuário Saco da Fazenda em Itajaí-SC, em coletas mensais realizadas entre maio/2012 a abril/2013. As amostras foram triadas e os espécimes identificados até o nível taxonômico de espécie. O valor obtido para o Índice de Integridade Biótica incluiu 11 atributos, em quatro graus de degradação ao longo de um ano de amostragem. Os valores do IIB foram calculados e classificados em diferentes níveis para reconhecer suas variações temporais e espaciais. Foi calculado também o IIB utilizando os dados históricos (2000 a 2005), para mostrar as alterações em comparação com as investigações de campo recentes. O resultado para os anos de 2000-2002 indica uma integridade biótica pobre, sendo regular para os anos de 2003-2005 e regredindo para pobre nos anos de 2012-2013.

Palavras-Chave: ictiofauna, impactos, Saco da Fazenda, Sul do Brasil.

ABSTRACT

Numerous methods are used to calculate the Index of Biotic Integrity (IIB) in diverse regions of the world. The objective of this work is to calculate the Index of Biotic Integrity (IIB), for an estuarine area in southern Brazil from fish community data and evaluate their fluctuations over the years. In this study, four ichthyofauna sampling points were established in the estuary "Saco da Fazenda", Itajaí-SC, in monthly samples taken during the period of May/2012 and April/2013. The samples were screened and the specimens identified at the taxonomic level of species. The value obtained for the Index of Biotic Integrity included 11 attributes, in four degrees of degradation over a year of sampling. Values were calculated and IIB classified into different levels to recognize its temporal and spatial variations. IIB was also calculated using historical data (2000 to 2005) to show the changes compared with recent field investigations. The results for the years 2000-2002 indicate a poor biotic integrity, being regular for the years 2003-2005 and regressing to poor in the years 2012-2013.

Keywords: ichthyofauna, impacts, *Saco da Fazenda*, Southern Brazil.

RESUMEN

Numerosos métodos se utilizan para calcular los índices de integridad biótica (IIB) en diferentes regiones del mundo. Este estudio tuvo como objetivo calcular el Índice de Integridad Biótica (IIB) para un área de estuario en el sur de Brasil, a partir de datos de la



comunidad de peces y así evaluar sus fluctuaciones en los últimos años. En este estudio se establecieron cuatro puntos de muestreo de las poblaciones de peces en el estuario del Saco da Fazenda en el Itajaí-SC, en muestras mensuales tomadas durante el período mayo/2012 a abril/2013. Las muestras fueron examinadas y los especímenes identificados hasta el nivel taxonómico de especies. El valor obtenido para el Índice de Integridad Biótica incluyó 11 atributos en cuatro grados de degradación de más de un año de muestreo. Se calcularon y se clasifican los valores del IIB en diferentes niveles para reconocer sus variaciones temporales y espaciales. IIB también se ha calculado utilizando los datos históricos (2000–2005), para mostrar los cambios en comparación con las investigaciones de campo recientes. El resultado para los años 2000-2002 indica una integridad biótica de calidad pobre, siendo de calidad regular para los años 2003-2005 y una regresión para pobre en los años 2012-2013.

Palabras clave: ictiofauna, impactos, Saco da Fazenda, sur de Brasil.

INTRODUÇÃO

Regiões estuarinas são ecossistemas com elevada produtividade primária, que atuam como locais de alimentação, crescimento e abrigo para diversas espécies de crustáceos e peixes de interesse econômico (Branco *et al.*, 2011). Entretanto, a crescente ocupação humana sem um planejamento adequado, tem provocado alterações na paisagem costeira e no aporte de efluentes domésticos que comprometem a qualidade das águas e a integridade destas espécies (Jackson *et al.*, 2001; Breine *et al.*, 2007). Como efeito do desenvolvimento nas áreas estuarinas tem ocorrido um aumento no interesse na identificação de indicadores de degradação dos ecossistemas que integrem as alterações estruturais e funcionais (Breine *et al.*, 2010).

As tomadas de decisões relacionadas à gestão são fundamentadas em dados físicos e biológicos, onde os Índices de Integridade Biótica (IIB) condensam as informações biológicas em dados quantitativos da condição ecológica do ambiente (Bryce *et al.*, 2002). Em 1981, Karr propôs o cálculo de um Índice de Integridade Biótica para avaliar a qualidade dos riachos utilizando a ictiofauna como indicador. A composição, riqueza de espécies e fatores ecológicos foram indicadas por Karr (1981) como as variáveis que poderiam influenciar a integridade biótica.

A estrutura de uma comunidade de peixes requer que uma ampla diversidade de funções do ecossistema esteja intacta, permitindo processos como alimentação, descanso, reprodução e crescimento, desta forma, a diversidade de modos de vida e as diferenças de susceptibilidade ao estresse possibilitam que os efeitos da degradação sejam avaliados em diferentes escalas temporais (Hughes *et al.*, 2002; Akin *et al.*, 2003).

Diversas adaptações e modificações das métricas (atributos) e pontuações propostas por Karr (1981) foram desenvolvidas. A adaptação de Gamon e Simon (2000) acrescentou atributos de guilda reprodutiva, abundância, composição trófica e espécies tolerantes. O número de espécies das famílias *Catastomidae* e *Centrarchidae* foram substituídas por *Characiformes* e *Siluriformes* por Pinto *et al.* (2006). Atributos como o número de espécies na coluna d'água, % de espécies exóticas, número de peixes coletados por hora de amostragem também foram incorporados por Lyons *et al.* (1995).

A proposta inicial foi também modificada para ambientes marinhos com atributos para recifes de corais alterados pelos efeitos cumulativos da atividade humana (Jameson *et al.*, 2001), para invertebrados terrestres utilizando entre outros atributos, a riqueza de alguma taxa e se os valores diminuem com o aumento da perturbação (Kimberling *et al.*, 2001).

Atributos já foram adaptados para assembleias de aves (e.g. aves que se alimentam no solo/vegetação, número de granívoros, espécies de áreas abertas/florestas de coníferas) (Bryce *et al.*, 2002; Glennon e Porter, 2005; Coppedge *et al.*, 2006; O'Connell *et al.*, 2007), além da incorporação de outros componentes da biota aquática, como macroinvertebrados (Brocksom *et al.*, 2002; Klemm *et al.*, 2003; Couceiro *et al.*, 2012) e anfíbios (Micacchione, 2002; Mack e Micacchion, 2006; Micacchione, 2011). Também existem registros de trabalhos que compararam os resultados do IIB para peixes, lagostim e anfíbios (Simon *et al.*, 2000) e para aves e anfíbios (Crewe e Timmermans, 2005).

Para ambientes estuarinos, macrobentos já serviram como indicador do IIB, com atributos de diversidade de espécies, produtividade, composição e nível trófico e distribuição de profundidade abaixo da interface sedimento-água (Weisberg *et al.*, 1997). A adaptação de Borja *et al.* (2000), para macrobentos, usou como atributos a sensibilidade/indiferença das espécies ao enriquecimento orgânico, espécies tolerantes ao excesso de matéria orgânica e espécies oportunistas.

Peixes também foram utilizados para o cálculo de IIB em ambientes estuarinos, sendo abundância, dominância de espécies, número de espécies residentes e espécies que desovam no estuário alguns dos atributos utilizados por Hughes *et al.* (2002). Já Breine *et al.* (2010) adaptaram diferentes atributos para cada zona de salinidade avaliando os diferentes locais que foram classificados com base em indicadores antropogênicos (média mínima de oxigênio dissolvido, benthos, atividades industriais e portuárias, presença e ausência de dragagens). Atributos como a função do estuário como berçário e a integridade trófica por região específica (subtropical, frio, quente) foram algumas das adaptações propostas por Harrison e Whitfield (2006).

A primeira adaptação do IIB no Brasil foi para uma comunidade de peixes do rio Paraíba do Sul (RJ) onde *Characiformes*, *Siluriformes* e *Perciformes* foram utilizados

como um dos indicadores de qualidade (Araújo, 1998). O número de categorias tróficas e as condições do entorno (mata ciliar, unidades de conservação) foram consideradas por Bastos e Abilhoa (2004). Já Bozzetti e Schulz (2004) substituíram o número de espécies nativas pela riqueza de espécies e consideraram o número de espécies na coluna d'água como um indicador de degradação. O número de Characiformes e Siluriformes e a porcentagem de *Geophagus brasiliensis* foram adaptações propostas por Terra *et al.* (2005). Ferreira e Cassati (2006) usaram atributos como: abundância de *Poecilia reticulata*, dominância (Índice de Simpson) e % de indivíduos que se abrigam na vegetação marginal, entre outros. O número de espécies de Characiformes, Siluriformes, Perciformes, Gymnotiformes, o percentual de forrageamento na área e de espécies de piracema foram as adaptações de Ferreira e Andrade (2012).

Todos esses índices são ferramentas que podem ser utilizadas pelos tomadores de decisões, pois avaliam as mudanças no estado de um ecossistema como resultado de resposta de gestão (Pinto *et al.*, 2009). Esse trabalho teve por objetivo calcular o Índice de Integridade Biótica (IIB), para uma área estuarina no Sul do Brasil, a partir de dados da comunidade de peixes e avaliar suas flutuações ao longo dos anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Saco da Fazenda é um corpo de água costeiro na área urbana do município de Itajaí/SC, sendo reconhecido como baía Afonso Wippel através da promulgação do Decreto Municipal nº 4.063 (Itajaí, 2004). A sua área é estimada em 0,7km² com uma oscilação no nível da maré entre 0,4-1,2m (quadratura e sizígia respectivamente) e com um regime de micro-marés misto e hegemonia semi-diurna (Schettini, 2008; Schettini, 2009). As primeiras obras de retificação do canal de acesso ao Porto de Itajaí ocorreram entre os anos de 1906-1935, entre elas as que resultaram na atual configuração do Saco da Fazenda (Vargas, 1935). Por estar localizada no baixo estuário do rio Itajaí-Açu a área recebe um aporte de sedimentos/efluentes provenientes do rio; além de efluentes domésticos do bairro consolidado em suas margens, bem como uma contribuição das águas do ribeirão Schneider que deságum na área (Branco, 2000; Theis e Fernandes, 2002). O acúmulo de sedimentos tornou-se “natural” o que ocasionou a necessidade de obras de dragagem entre os anos 2000-2003 que alteraram a hidrodinâmica (Araújo *et al.*, 2009). O Decreto nº 8.513 (Itajaí, 2008), designou a área como uma Unidade de Conservação Municipal – APA Saco da Fazenda, que é administrada pela Fundação Municipal de Meio Ambiente de Itajaí – FAMAI.

Coleta e análise dos dados

O cálculo do IIB, para o Saco da Fazenda, utilizou as bases de dados mais antigas disponíveis sobre a ictiofauna local,

que compreende amostragens mensais realizadas entre os anos de 2000 a 2005 que foram agregados em dados anuais (Tabela 3) (Branco *et al.*, 2009; Barreiros *et al.*, 2009; Branco *et al.*, 2011). Essas amostragens mensais tiveram continuidade com dados obtidos entre maio/2012 a abril/2013 por este trabalho. Os pontos de amostragens foram escolhidos em razão do acesso e representatividade no ambiente, utilizando os mesmos métodos (periodicidade, esforço e petrechos) que os trabalhos anteriores (Fig. 1).

A captura dos peixes foi realizada com uma tarrafa (25 mm de malha entre nós opositos) e uma rede de espera do tipo feiticeira (30 m com três panos, um central de 40 mm e dois laterais com 400 mm). Nos pontos 2, 3, 4 foram realizados 20 lances de tarrafa e no ponto 1 foi armada e mantida a rede de espera por 4 h, com intervalos de 2 h entre as despescas. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados e mantidos sob refrigeração. No laboratório os peixes foram identificados até o nível de espécie com o auxílio de bibliografia específica (Cervigón *et al.*, 1993; Nelson, 2006; Szpilman, 2008) e bases de dados online (<http://www.marinespecies.org/>; <http://www.itis.gov/>; <http://www.fishbase.org/search.php>). A nomenclatura e a ordenação das famílias seguiram a designação proposta por Nelson (2006).

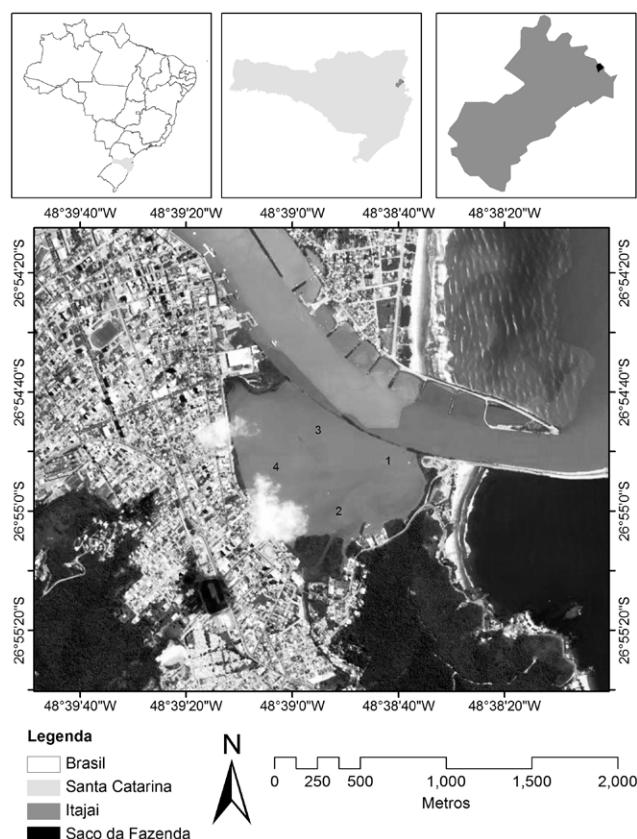


Figura 1. Localização geográfica do Saco da Fazenda (imagem Google Earth, 2013) e dos quatro pontos amostrais (1, 2, 3, 4).

Critérios para uso do Índice de Integridade Biótica

Para o cálculo do IIB é necessário à existência de uma condição de referência para avaliar a integridade do ecossistema (Karr, 1981; Karr *et al.*, 1986) e quando esta for inexistente é possível a utilização do dado histórico mais antigo disponível (Fausch *et al.*, 1984; Lyons *et al.*, 2000; Bozzetti e Schulz, 2004; Zhu e Chang, 2008). Para a área de estudo o dado histórico mais antigo disponível na literatura, é do ano de 2000 (Branco *et al.*, 2009).

Neste trabalho foram avaliados diversos atributos comumente utilizados na determinação de IIB para regiões estuarinas, como conceitos de guilda trófica e grupos funcionais (Gerking, 1994; Matthews, 1998; Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008), sensibilidade a ações antropogênicas (Breine *et al.*, 2010) e funções ecológicas das diferentes partes do estuário (Courrat *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2008; Martinho *et al.*, 2008), analisando se os indicadores estabelecidos alcançam as metas ecológicas (Breine *et al.*, 2008; Breine *et al.*, 2010). Considerou-se um grande número de possíveis atributos baseado na proposta inicial do IIB de Karr (1981) e Karr *et al.* (1986), selecionando-se os mais consistentes por representarem de maneira equilibrada os níveis ecológicos

de indivíduos, comunidades e ecossistema da área de estudo (Tabela 1). Para as estimativas de vulnerabilidade, posição na coluna d'água e dieta foram utilizadas as informações disponíveis em Froese e Pauly (2013).

A determinação dos valores de cada atributo foi baseada na proposta de Schleiger (2000) e utilizada por Ferreira e Cassati (2006) que consiste em uma pontuação superior a 75 % (boa) ou inferior a 25 % (ruim). Para cada porcentagem foi atribuído um valor: 5 (75 %), 3 (25-75 %) e 1 (25 %). O IIB foi estabelecido pela média destes valores e classificado em quatro categorias de qualidade do ambiente (Ferreira e Cassati, 2006). Para cada ano de amostragem se estabeleceu a média do número de pontos alcançados em todos os atributos (Tabela 1), incluindo os mesmos em uma das quatro categorias de integridade biótica (Tabela 2).

RESULTADOS

Para o período de 2000-2001 foram registradas 25 espécies de peixes pertencentes a 16 famílias, onde os Carangidae contribuíram com a maior riqueza, seguido dos Engraulidae, Mugilidae, Gerreidae, Gobiidae, Cichlidae, Paralichthyidae (Branco *et al.*, 2009), sendo as espécies mais abundantes

Tabela 1. Atributos biológicos e pontuação do IIB (adaptado de Karr, 1981; Roth *et al.*, 1999; Ferreira e Cassati, 2006).

	Atributos	Pontuação		
		5	3	1
Composição e riqueza de espécies	1. Número de espécies	> 39	$39 \leq y \geq 13$	< 13
	2. Número de espécies com baixa vulnerabilidade (< 50)	< 10	$10 \geq y \leq 32$	> 32
	3. Número de espécies com alta vulnerabilidade (≥ 50)	≥ 8	$8 < y \geq 2$	< 2
	4. Número de Siluriformes	> 1	≤ 1	0
	5. Número de Perciformes	< 3	$3 \geq y \leq 11$	> 11
Composição trófica	6. Número de espécies herbívoras	0	≤ 1	> 1
	7. Número de espécies detritívoras	0	≤ 2	> 2
	8. Número de espécies omnívoras	< 3	$3 \geq y \leq 8$	> 8
	9. Número de espécies carnívoras	≥ 28	$28 < y \geq 9$	< 9
Uso do habitat	10. Número de espécies pelágicas	≥ 18	$18 < y \geq 6$	< 6
	11. Número de espécies demersais	≥ 20	$20 < y \geq 7$	< 7

Tabela 2. Descrição das categorias de integridade biótica (adaptado de Karr, 1981; Roth *et al.*, 1999; Ferreira e Cassati, 2006).

Categoria	Valor Numérico	Descrição
Bom	4,0-5,0	Comparável as melhores situações sem a influência do homem. Atributos biológicos > 75 % da condição de referência.
Regular	3,0-3,9	Comparável a estuários de referência, mas com aspectos da biologia comprometida. Atributos biológicos entre 75 e 50 % da condição de referência.
Pobre	2,0-2,9	Sinais de deterioração adicionais, distantes da situação minimamente impactada. Atributos biológicos entre 50 e 25 % da condição referência.
Muito pobre	0-1,9	Poucos peixes presentes, com atributos biológicos abaixo de 25 % da condição referência.

Lycengraulis grossidens (Spix e Agassiz, 1829), *Mugil liza* (Valenciennes, 1836), *M. curema* (Cuvier e Valenciennes, 1836) (Tabela 3). Entre 2001-2002, esses autores registraram 14 famílias e 25 espécies, com destaque dos Paralichthyidae e Sciaenidae, e das espécies *M. curema*, *M. liza*

e *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) (Tabela 3). Em 2002-2003, ocorreram 15 famílias e 25 espécies, com o predomínio dos Carangidae, Mugilidae e Clupeidae, onde *Dipterus rhombeus* (Cuvier, 1829), *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) e *L. grossidens* dominaram as amostragens (Branco et al., 2009; Tabela 3).

Tabela 3. Lista das espécies registradas ao longo do período de amostragem.

Ordem Família Espécie	nome-popular	2000-2001*	2001-2002*	2002-2003*	2003-2004**	2004-2005***	2012-2013****	Vulnerabilidade	Coluna d'água	Dieta
ELOPIFORMES										
ELOPIDAE										
<i>Elops saurus</i> Linnaeus, 1766	ubarana				2	2	38	P	C	
CLUPEIFORMES										
ENGRAULIDAE										
<i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829)	sardinha-boca-torta	4	20	3	372	1177	106	44	P	O
<i>Anchoa januaria</i> (Steindachner, 1879)	enchoveta					1	10	P	O	
<i>Lycengraulis grossidens</i> (Spix & Agassiz, 1829)	sardinha-prata	230	127	108	80	335	1	43	P	C
CLUPEIDAE										
<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	manjuba		1	10	78	23	22	24	P	C
<i>Harengula clupeola</i> (Cuvier, 1829)	sardinha-cascuda	77	31	144	508	56	1	19	P	C
<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879)	sardinha-verdadeira			3	8		2	24	P	O
SILURIFORMES										
ARIIDAE										
<i>Genidens genidens</i> (Cuvier, 1829)	bagre	86	150	46	31	32	5	35	D	C
MUGILIFORMES										
MUGILIDAE										
<i>Mugil curema</i> Cuvier & Valenciennes, 1836	tainha	103	564	92	839	1605	148	58	P	O
<i>Mugil gaimardianus</i> Desmarest, 1831	parati			1	50	3	11	25	D	O
<i>Mugil liza</i> Valenciennes, 1836	tainha	192	190	20	269	561	249	46	D	O
ATHERINIFORMES										
ATHERINOPSIDAE										
<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	manjuba	2	20	36	30	16	21	16	B	O
BELONIFORMES										
BELONIDAE										
<i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)	agulhão				1	1	29	P	C	
PERCIFORMES										
CENTROPOMIDAE										
<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	robalo-peva	12	5	12	9	43	7	55	D	C
POMATOMIDAE										
<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	enchova	24		1	45	36	21	59	P	C
CARANGIDAE										
<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	xarelete	3	6	3	5		3	57	P	C
<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	peixe-galo	1		32	5		35	B	C	
<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	galo-da-costas				4		31	D	C	
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	favinha	2		1	10		3	29	D	O
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch, 1793)	salteira				61	7		32	B	C
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	cavaco	2	1	4	3	1	2	25	D	C
<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus, 1758)	agulha				1	1	1	42	P	C
LUTJANIDAE										
<i>Lutjanus cyanopterus</i> (Cuvier, 1828)	caranha	2					65	D	C	

Ordem Família Espécie	nome-popular	2000-2001*	2001-2002*	2002-2003*	2003-2004**	2004-2005**	2012-2013***	Vulnerabilidade	Coluna d'água	Dieta
GERREIDAE										
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird & Girard, 1855	carapeba			45	121	7	16	D	O	
<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	capapeba	19	14	100	445	154	25	24	D	C
<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	carapau				19	28	12	25	D	C
<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)	carapeba	28	21	146	211	479	73	18	D	C
HAEMULIDAE										
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	roncador			8	8		34	D	C	
SCIAENIDAE										
<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i> (Metzelaar, 1919)	castanhota				4		18	D	C	
<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	corvina	102	50	31	54	198	4	66	D	C
<i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier, 1830)	pescada		2				22	D	C	
<i>Cynoscion leiarchus</i> (Cuvier, 1830)	pescada-branca				1		37	D	C	
<i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan, 1889)	cangoá				6	1	16	D	C	
<i>Stellifer stellifer</i> (Bloch, 1790)	cangoá				1		13	D	C	
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier, 1830)	pescada-espinho	1		14	6	4	27	D	C	
CICHLIDAE										
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	cará	64	78	16	52	58	54	28	B	D
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	tilápia-do-nilo	3	5		5	3	1	34	B	H
BLENNIIDAE										
<i>Hyleurochilus fissicornis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	maria-da-toca			1			19	D	C	
GOBIIDAE										
<i>Gobiodoides broussonnetii</i> Lacepède, 1800	peixe-dragão				1	3	1	60	D	O
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes, 1837)	amboré	7	6	9	2	7	55	29	D	C
<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas, 1770)	góbideo	15	21	15	10	6	1	40	D	C
SCOMBRIDAE										
<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collette, Russo & Zava-la-Camin, 1978	sororoca			2	9	1	67	P	C	
PLEURONECTIFORMES										
PARALICHTHYIDAE										
<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther, 1862	linguado	61	15	34	22	35	33	28	D	C
<i>Etropus crossotus</i> Jordan & Gilbert, 1882	linguado		1				10	D	C	
<i>Paralichthys orbignyanus</i> (Valenciennes, 1839)	linguado	1	1				50	D	C	
ACHIRIDAE										
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	linguado	1	1	2	5	9	1	29	D	C
CYNOGLOSSIDAE										
<i>Syphurus tessellatus</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	língua-de-mulata				1	1	1	38	D	C
TETRAODONTIFORMES										
TETRAODONTIDAE										
<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	baiacuara		1		1			60	P	C
<i>Sphoeroides greeleyi</i> Gilbert, 1900	baiacu-pinima					3		22	D	C
<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)	baiacu-mirim	1						26	D	C
DIODONTIDAE										
<i>Chilomycterus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)	baiacu-de-espinho				3	1	1	20	D	C
Número total de exemplares capturados	-	1042	1332	871	3318	5033	878			
Número total de espécies amostradas	-	25	25	25	42	36	34			
Valor do IIB	-	2,8	2,8	3,0	3,4	3,0	2,8			

Legenda: *Brando *et al.*, 2009; **Barreiros *et al.*, 2009; ***Brando *et al.*, 2011; ****Este trabalho. Vulnerabilidade (alta: 55-100, média: 37-54, baixa: 0-36), coluna d'água (B: bentônico, D: demersal, P: pelágico), dieta (C: carnívoro, O: omnívoro, H: herbívoro, D: detritívoro) de acordo com de Froese e Pauly (2013). Taxonomia conforme ITIS- Integrated Taxonomic Information System (2014).

Nos anos de 2003-2004 foram identificadas 21 famílias e 42 espécies, com destaque para Carangidae, Sciaenidae e Gerridae, e das espécies *M. curema*, *H. clupeola* e *Eucinostomus melanopterus* (Bleeker, 1863) (Barreiros *et al.*, 2009; Branco *et al.*, 2011) (Tabela 3). Para os anos de 2004-2005, ocorreram 21 famílias e 36 espécies, com as maiores contribuições dos Gerreidae, Scianidae, Gobiidae, Carangidae e Mugilidae, e de *M. curema*, *M. liza* e *Cetengraulis edentulus* (Cuvier, 1829) (Branco *et al.*, 2011) (Tabela 3). Já em 2012-2013 foram registradas 17 famílias, distribuídas em 34 espécies, onde os Gerreidae e Mugilidae contribuíram com a maior riqueza, seguido dos Carangidae, Engraulidae, Clupeidae, Gobiidae, e domínio de *M. liza* ($n = 249$), *M. curema* ($n = 148$) *C. edentulus* ($n = 105$) (Tabela 3).

Das 52 espécies registradas, ao longo dos períodos analisados, 17 foram encontradas em todas as amostragens 11 espécies em anos específicos e as demais espécies oscilaram entre duas e cinco ocorrências ao longo do total das amostragens (Tabela 3). Estes resultados indicam que as comunidades ao longo do tempo podem variar em sua composição e abundância relativa, em decorrência de condições hidrológicas do sistema, sazonalidade, área amostrada e gradientes de salinidade (Yáñez-Arancibia e Nugent, 1977).

Os valores de IIB oscilaram ao longo do período amostral, sendo menores (2,8) no início das amostragens (2000-2001 e 2001-2002) e no final (2012-2013) indicando um ambiente pobre. Nos anos intermediários os índices IIB foram maiores alterando a categoria para regular entre 2002-2003 (3,0); 2003-2004 (3,4) e 3,0 em 2004-2005 (Fig. 2).

DISCUSSÃO

A assembleia de peixes do Saco da Fazenda quando comparada a pesquisas desenvolvidas em regiões próximas,

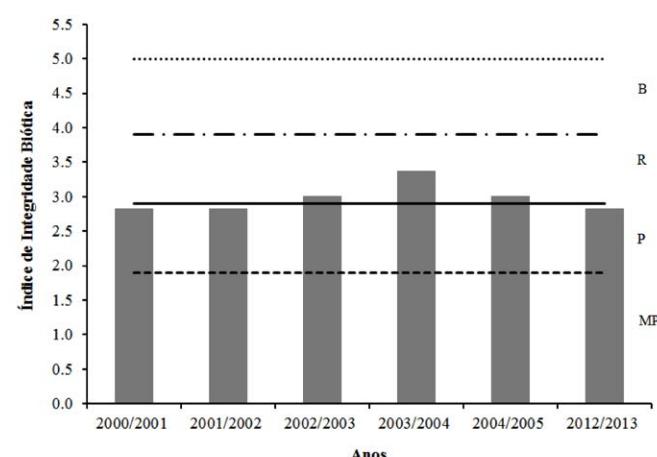


Figura 2. Resultados do IIB entre os anos de 2000-2013 (MP: muito pobre; P: pobre; R: regular; B: bom).

indica a ocorrência de algumas espécies em comum, apesar das diferenças hidrológicas e metodológicas. Com a região da foz do rio Itajaí-Açu, o Saco da Fazenda apresenta 13 famílias e 25 espécies comuns (Hostim-Silva *et al.*, 2002; Hostim-Silva *et al.*, 2009). No manguezal do rio Camboriú ($27^{\circ}00' - 32^{\circ}12' S$ e $48^{\circ}36' - 35^{\circ}74' W$), 11 famílias e 21 espécies são comuns ao Saco da Fazenda (Rodrigues *et al.*, 1994). Para a baía da Babitonga ($26^{\circ}02' - 26^{\circ}28' S$ e $48^{\circ}28' - 48^{\circ}50' W$) em um primeiro trabalho foram registradas 8 famílias e 2 espécies em comum (Hostim-Silva *et al.*, 1998) em outro estudo, 15 famílias e 30 espécies (Freitas e Valastim, 2010; Cremer *et al.*, 2012) e em outro 18 espécies são também encontradas no Saco da Fazenda (Souza-Conceição *et al.*, 2013).

As alterações entre a integridade das classes de IIB (pobre e regular) pode estar associada à ocupação desordenada do entorno, ao lançamento de efluentes ou as repetidas dragagens (Schettini, 2002; Araújo *et al.*, 2009; Schettini, 2009; Schettini e Truccolo, 2009; Silveira e Resgalla Jr., 2009). Entretanto, o incremento de espécies (2002-2005) e a consequente elevação à categoria regular, indicam que as alterações na hidrodinâmica resultantes da dragagem do Saco da Fazenda entre 2000-2003 (Araújo *et al.*, 2009) poderia ter beneficiado a assembleia de peixes, pois apesar da destruição dos habitats e da mortalidade houve um acréscimo no número de espécies, após o período de instabilidade possivelmente influenciado pelo aumento da profundidade e melhoria dos padrões de circulação local (Branco *et al.*, 2009).

Entre 2003-2005 ocorreu um aumento no número de espécies com baixa vulnerabilidade o que pode estar associado a uma “resposta” a situações de estresse originadas por perturbações ambientais (Scott *et al.*, 1986). As variações nos resultados dos atributos podem estar relacionadas às diferenças físicas e estruturais do habitat, como a profundidade, tipo de substrato e salinidade que não foram medidas (Marciano *et al.*, 2004).

Mas essa relação deve ser cautelosa, pois os valores de IIB obtidos em 2012-2013 indicam o retrocesso à condição inicial de referência, já que estudos estuarinos têm demonstrado uma relação direta entre os valores de IIB e as atividades antropogênicas (Angermeier e Karr, 1994; Deegan *et al.*, 1997; Whitfield e Elliott, 2002; Harrison e Whitfield, 2006).

Por outro lado, quando comparamos a abundância total ao longo do período amostral, constata-se uma aparente relação entre estes valores e os resultados das pontuações finais das classes de integridade, onde a contribuição em 2000-2001, 2001-2002 e 2002-2003 oscilou entre 871-1.332 exemplares e as suas pontuações no IIB foram 2,8 e 3,0. Nos anos de 2003-2004 e 2004-2005 foram de 3,318-5,033 exemplares e um IIB de 3,4 e 3,0, respectivamente. Porém, Hued e Bistoni (2005) relatam que a abundância

não esteve diretamente associada à qualidade do local em ambientes degradados da Argentina, gerando dúvidas nos resultados obtidos. Ao contrário de Lyons *et al.* (1995) que no México, consideram os dados de abundância importantes em locais com diferentes níveis de degradação.

Segundo Zhu e Chang (2008) um período amostral contínuo de seis anos, seria suficiente para a avaliação de uma assembleia de peixes para ambientes impactados. Neste trabalho foi analisado um período semelhante para o Saco da Fazenda, o que possibilitou estimar as alterações temporais e espaciais da integridade local. As respostas dos ecossistemas, geralmente, estão relacionadas às alterações ambientais imediatas ou pretéritas. Pela sua natureza, estruturas dissipativas exibem um comportamento surpreendente, que não pode ser previsto *a priori* e pode ser catastrófico (Kay, 1991).

Concordamos com a ideia de Araújo *et al.* (1998) e Bozzetti e Schulz (2004) que recomendam cautela na aplicação e deduções baseadas em IBI, pois os valores individuais podem não refletir a dinâmica dos sistemas biológicos. Nosso estudo mostrou que a diferença na composição das espécies influenciou de maneira geral os resultados do IIB. A partir de nossas observações e de outros trabalhos, recomendamos o uso de IIB para analisar as condições biológicas e ecológicas de estuários no sul do Brasil.

CONCLUSÃO

Este estudo foi realizado utilizando a ictiofauna do estuário do Saco da Fazenda com o objetivo de calcular o Índice de Integridade Biótica (IIB) e avaliar suas flutuações ao longo dos anos. Onze atributos foram utilizados para compor o cálculo do IIB e avaliar as condições da área de estudo ao longo de seis anos, não contínuos, de amostragem. Os dados obtidos a partir desta série temporal foram suficientes para uma primeira tentativa de um IIB modificado para a análise sobre as mudanças temporais da integridade biótica dentro do estuário Saco da Fazenda, refletindo adequadamente a situação do ambiente.

Os atributos utilizados neste trabalho podem servir como modelo para outras regiões estuarinas que apresentem condições similares ou não. Entre uma região ou outra pode existir uma grande variação na ecologia das espécies locais e das condições consideradas como minimamente impactadas, sendo necessário que se realizem adaptações nos atributos para uma adequação das informações disponíveis sobre o grupo de organismos indicador. O índice é um indicador valioso para que se tenha um entendimento entre as conexões existentes entre o ambiente aquático e as “atividades” que podem perturbar o seu equilíbrio sendo uma ferramenta útil para o diálogo entre gestores, políticos e outros grupos de atores envolvidos. Ressaltamos que as decisões de gestores fundamentadas em IIB devem ser cautelosas, contemplando o funcionamento dos sistemas biológicos como um todo.

AGRADECIMENTOS

Fabiane Fisch agradece à CAPES/PROSUP pela bolsa de doutorado concedida, e Joaquim Olinto Branco ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela bolsa de produtividade recebida durante a elaboração deste artigo. Os autores agradecem ainda à Dagoberto Port pela revisão final e formatação do artigo.

REFERÊNCIAS

- Akin S, Winemiller KO, Gelwick FP. Seasonal and spatial variations in fish and macrocrustacean assemblage structure in Mad Island Marsh estuary, Texas. *Estuar Coast Shelf Sci.* 2003;57(1):269-282. Doi:10.1016/S0272-7714(02)00354-2
- Araújo FG. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. *Rev Bras Zool.* 1998;58:547-558. Doi:10.1590/S0034-71081998000400002
- Araújo FG, Fichberg I, Pinto BCT, Peixoto MG. A preliminary index of biotic integrity for monitoring the condition of the Rio Paraíba do Sul, southeast Brazil. *Environ Manage.* 2003;32:516-526. Doi:10.1007/s00267-003-3003-9
- Araújo SA, Scolaro TL, Reis FH, Petermann RM. Climatologia do ecossistema Saco da Fazenda, Itajaí, SC. In: Branco JO, Lunardon-Branco MJ, Bellotto VR, org.. Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. Ciudad: Ed Univali; 2009. p. 43-62.
- Angermeier PL, Karr JR. Biological Integrity versus Biological Diversity as Policy Directives. Protecting biotic resources. *Environ Manage.* 1994;44(10):690-697. Doi:10.1007/978-1-4612-4018-1_24
- Barreiros JP, Branco JO, Freitas Jr.F, Machado L, Hostim-Silva M, Verani JR. Space-Time Distribution of the Ichthyofauna from Saco da Fazenda Estuary, Itajaí, Santa Catarina, Brazil. *J Coastal Res.* 2009;25(5):1114-1121. Doi:10.2112/08-1050.1
- Bastos LP, Abilio V. A utilização do índice de integridade biótica para avaliação da qualidade de água: um estudo de caso para riachos urbanos da bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Paraná. *Rev Estud Biol.* 2004;26(55):33-4.
- Borja Á, Franco J, Pérez V. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos within European Estuarine and Coastal Environments. *Mar Pollut Bull.* 2000;40(12):1100-1114. Doi:10.1016/S0025-326X(00)00061-8
- Bozzetti M, Schulz UH. An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazilian. *Hydrobiologia.* 2004;529(1):133-144. Doi:10.1007/s10750-004-5738-6
- Branco JO. Avifauna associada ao estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil. *Rev Bras Zool.* 2000;17(2):384-394. Doi:10.1590/S0101-81752000000200009
- Branco JO, Freitas JrF, Verani JR, Hostim-Silva M. Ictiofauna do Saco da Fazenda, Itajaí, SC. In: Branco JO, Lunardon-

- Branco MJ, Bellotto VR (Org.). Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. Santa Catarina: ed Univali; 2009. p. 207-226.
- Branco JO, Fracasso HAA, Freitas Jr F, Barbieri E. Biodiversidade no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí-SC. O Mundo da Saúde. 2011;35(1):12-22.
- Breine JJ, Maes J, Quataert P, Van den Bergh E, Simoens I, Van Thuyne G, et al. A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia*. 2007;575(1):141-159. Doi:10.1007/s10750-006-0357-z
- Breine J, Maes J, Stevens M, Simoens I, Elliott M, Hemingway K, et al. Habitat needs to realise conservation goals for fish in estuaries: case study of the tidal Schelde. Bosonderzoek, Groenendaal: Harbasins Report: water management strategies for estuarine and transitional waters in the North Sea Region. ; 2008. Report No.: INBO.R.2008.3. Depot No.: D/2008/3241/009. 45 p.
- Breine J, Quataert P, Stevens M, Ollevier F, Volckaert FAM, Van den Bergh E, et al. A zone-specific fish-based biotic index as a management tool for the Zeeschelde estuary (Belgium). *Mar Pollut Bull*. 2010;60(7):1099-1112. Doi:doi:10.1016/j.marpolbul.2010.01.014
- Brocksom KA, Kurtenbach JP, Klemm FAF, Cormier SM. Development and Evaluation of the Lake Macroinvertebrate Integrity Index (LMII) For New Jersey Lakes and Reservoirs. *Environ Monit Assess*. 2002;77(3):311-333. Doi:10.1023/A:1016096925401
- Bryce SA, Hughes RM, Kaufmann PR. Development of a Bird Integrity Index: Using Bird Assemblages as Indicators of Riparian Condition. *Environ Manage*. 2002;30(2):294-310. Doi:10.1007/s00267-002-2702-y
- Cervigón F, Cipriani R, Fisher W, Garibaldi L, Hendrickx M, Lemus AJ, et al. Field guide to the commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of South America. Rome: Series- FAO species identification sheets for fishery purposes, Food & Agriculture Org; 1993. 513 p.
- Coppedge BR, Engle DM, Masters RE, Gregory MS. Development of a grassland integrity index based on breeding bird assemblages. *Environ Monit Assess*. 2006;118:125-145. Doi:10.1007/s10661-006-1237-8
- Courrat A, Lobry J, Nicolas D, Laffargue P, Amara R, Lepage M, et al. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *Estuar Coast Shelf Sci*. 2009;81(2):179-190. Doi:10.1016/j.ecss.2008.10.017
- Couceiro SRM, Hamada N, Forsberg BR, Pimentel TP, Luz SLB. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecol Indic*. 2012;18:118-125. Doi:10.1016/j.ecolind.2011.11.001
- Cremer MJ, Pinheiro PC, Simões-Lopes PC. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvilliei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. *Iheringia Ser Zool*. 2012;102(2):131-137. Doi:10.1590/S0073-47212012000200003
- Crewe TA, Timmermans STA. Assessing Biological Integrity of Great Lakes Coastal Wetlands Using Marsh Bird and Amphibian Communities [Internet]. Canada: Marsh Monitoring Program, Bird Studies Canada; 2005 Mar. Project No.: WETLAND3-EPA-01 Technical Report [Access 8 May 2013, cited 23 feb 2013]. Available from: <http://www.oiseauxcanada.org/download/MMP%20GLCWC%20Technical%20Report%202005.pdf>
- Deegan LA, Finn JT, Awazian SG, Ryder-Kieffer CA. Development and Validation of an Estuarine Biotic Integrity Index. *Estuaries*. 1997;20(3):601-617. Doi:10.2307/1352618
- Elliott M, Quintino V. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Mar Pollut Bull*. 2007;54(6):640-645. Doi:10.1016/j.marpolbul.2007.02.003
- Fausch KD, Karr JR, Yant PR. Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Trans Am Fish Soc*. 1984;113:39-55.
- Ferreira CP, Cassati L. Stream biotic integrity assessed by fish assemblages in the Upper Rio Paraná basin. *Biota Neotrop*. 2006;6(3). Doi:10.1590/S1676-06032006000300002
- Ferreira GL, Flynn MN. Índice biótico BMWP' na avaliação da integridade ambiental do Rio Jaguari-Mirim, no entorno das Pequenas Centrais Hidrelétricas de São Joaquim e São José, município de São João da Boa Vista, SP. *RevInter Revista Intertox de Toxicologia*. 2012;5(1):128-139.
- Ferreira MN, Andrade PL. Análise comportamental da comunidade de peixes em trilha aquática no rio Olho d'Água, Jardim, Mato Grosso do Sul. *Rev Bras Biocienc*. 2012;18(2):41-52.
- Franco A, Elliott M, Franzoi P, Torricelli P. Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Mar Ecol Prog Ser*. 2008;354:219-228. Doi: 10.3354/meps07203
- Freitas MO, Velastim R. Ictiofauna associada a um cultivo de mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) Norte Catarinense, Sul do Brasil. *Acta Sci Biol Sci*. 2010;32(1):31-37. Doi:10.4025/actascibiolsci.v32i1.2515
- Gamon RJ, Simon TP. Variation in a Great River Index of Biotic Integrity over a 20-year period. *Hydrobiologia*. 2000;422/423:291-304. Doi:10.1023/A:1017060520873
- Gerking SD. Feeding ecology of fish. San Diego, California: Academic Press; 1994. p. 416.
- Glennon MK, Porter WF. Effects of land use management on biotic integrity: An investigation of bird communities. *Biol Conserv*. 2005;126(4):499-511. Doi:10.1016/j.biocon.2005.06.029

- Harrison TD, Whitfield AK. Application of a Multimetric Fish Index to Assess the Environmental Condition of South African Estuaries. *Estuaries Coast.* 2006;29(6B):1108-1120. Doi:10.1007/BF02781813
- Hughes RM, Deegan LA, Weaver MJ, Costa J. Regional Application of an Index of Estuarine Biotic Integrity Based on Fish Communities. *Estuaries.* 2002;25(2):250-263. Doi: 10.1007/BF02691312
- Hostim-Silva M, Rodrigues AMT, Ribeiro LC, Ribeiro GC, Souza-Filho MAC. Ictiofauna. In: editores?. Coleção Meio Ambiente. Proteção e Controle de Ecossistemas Costeiros-Manguezal da Baía da Babitonga. ed Ibama-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: Série Estudos Pesca 25; 1998. p. 49-58.
- Hostim-Silva M, Vicente MDJ, Figna V, Andrade JP. Ictiofauna do rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. Notas Técnicas Facimar. 2002;6:127-135.
- Hostim-Silva M, Verani JR, Branco JO, Leite JR. Reprodução do bagre *Genidens genidens* (Siluriformes, Ariidae) na Foz do Rio Itajaí-Açu, SC. In: Branco JO, Lunardon-Branco MJ, Bellotto VR, org. ed Univali. Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas; 2009. p. 279-298.
- Hued AC, Bistoni MA. Development and validation of a Biotic Index for evaluation of environmental quality in the central region of Argentina. *Hydrobiologia.* 2005;543(1):279-298. Doi:10.1007/s10750-004-7893-1
- Legislação Municipal de Itajaí [Internet]. Denomina a baía localizada no bairro Fazenda; 2004 Apr. Decree No.: 4063. [Acess 15 Jun 2013, cited 17 jun 2013]. Available from: <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/i/itajai/lei-ordinaria/2004/407/4063/lei-ordinaria-n-4063-2004-denomina-baia-localizada-no-bairro-fazenda?q=4063>
- Legislação Municipal de Itajaí [Internet]. Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação do Saco da Fazenda; 2008 Mar. Decree No.: 8513. [Acess 15 Jun 2013, cited 17 jun 2013]. Available from: <https://leismunicipais.com.br/a1/sc/i/itajai/decreto/2008/852/8513/decreto-n-8513-2008-dispoe-sobre-a-criacao-da-unidade-de-conservacao-do-saco-da-fazenda?q=8513>
- Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque B, et al. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science.* 2001;293(5530):629-638. Doi:10.1126/science.1059199
- Jameson SC, Erdmann MV, Karr JR, Potts KW. Charting a course toward diagnostic monitoring: a continuing review of coral reef attributes and a research strategy for creating coral reef indexes of biotic integrity. *Bull Mar Sci.* 2001;69:701-44. Doi:10.1155/2011/151268
- Karr JR. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries.* 1981;6(6):21-27. Doi:10.1577/1548-8446(1981)006<0021:AOBIUF>2.0.CO;2
- Karr JR, Faush KD, Angermeier PR, Yant PR, Schlosser IJ. Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. *INHS SP.* 1986;5:1-28.
- Kay JJ. A Nonequilibrium Thermodynamic Discussing Ecosystem Integrity. *Environ Manage.* 1991;15(4):483-495. Doi:10.1007/BF02394739
- Kimberling DN, Karr JR, Fore LS. Measuring human disturbance using terrestrial invertebrates in the shrubsteppe of eastern Washington (USA). *Ecol Indic.* 2001;1(2):63-81. Doi:10.1016/S1470-160X(01)00009-7
- Klemm DJ, Blocksom FA, Fulk AT, Herlihy RM. Development and evaluation of a macroinvertebrate biotic integrity index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic Highlands streams. *Environ Manage.* 2003;31:656-669. Doi: 10.1007/s00267-002-2945-7
- Lyons J, Navarro-Perez S, Cochran PA, Santana EC, Guzmán-Arroyo M. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conserv Biol.* 1995;9:(3):569-584. Doi: 10.1046/j.1523-1739.1995.09030569.x
- Lyons J, Gutiérrez-Hernández A, Diáz-Pardo E, Soto-Galera E, Medina-Nava M, Pineda-López R. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia.* 2000;418:57-72. Doi: 10.1023/A:1003888032756
- Mack J. Integrated wetland assessment program. Part 4: A Vegetation Index of Biotic Integrity (VIBI) and Tiered Aquatic Life Uses (TALUs) for Ohio Wetlands [Internet]. Columbus, Ohio: Ohio Environmental Protection Agency, Wetland Ecology Group, Division of Surface Water; 2004. Report No.: W ET/2004-4 Ohio EPA Technical Report. [Access in 8 May 2013, cited 27 Feb 2013]. Available from: http://www.epa.state.oh.us/portals/35/wetlands/PART4_VIBI_OH_WTLDS.pdf
- Micacchion M. Integrated Wetland Assessment Program. Part 7: Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Ohio Wetlands [Internet]. Columbus, Ohio: Ohio Environmental Protection Agency, Wetland Ecology Group, Division of Surface Water; 2004. Report No.: WET/2004-7 Ohio EPA Technical Report. [Access in 8 May 2013, cited 27 Feb 2013]. Available from: http://www.epa.state.oh.us/portals/35/wetlands/Integrated_Wetland_Assessment_Program_Part7_AmphIBI_formatted.pdf
- Marciano FT, Chaudhry FH, Ribeiro MCLB. Evaluation of the Index of Biotic Integrity in the Sorocaba River Basin (Brazil, SP) Based on Fish Communities. *Acta Limnol Bras.* 2004;16(3):225-237.
- Martinho F, Viegas I, Dolbeth M, Leitão R, Cabral HN, Pardal MA. Assessing estuarine environmental quality using fish-based indices: performance evaluation under climatic instability. *Mar Pollut Bull.* 2008;56(11):1834-1843. Doi:10.1016/j.marpolbul.2008.07.020

- Matthews WJ. Patterns in freshwater fish ecology. London: Chapman and Hall; 1998. p. 756.
- Micacchione M. Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Wetlands [Internet]. Testing Biological Metrics and Development of Wetland Assessment Techniques Using Reference Sites. Volume 3. Final Report U.S. EPA. Columbus, Ohio: Wetland Ecology Group, Division of Surface Water, State of Ohio Environmental Protection Agency; 2002. Grant No.: CD985875-01. [Access in 8 May 2013, cited 27 feb 2013]. Available from: http://www.epa.state.oh.us/portals/35/wetlands/2002_Amphibian_report_final_rev.pdf
- Micacchione M. Field Manual for the Amphibian Index of Biotic Integrity (AmphIBI) for Wetlands [Internet]. Columbus, Ohio: Ohio Environmental Protection Agency, Wetland Ecology Group, Division of Surface Water; 2011. Report No.: WET/2011-1 Ohio EPA Technical Report. [Access in 12 Sep 2013, cited 27 sep 2013]. Available from: http://www.epa.ohio.gov/portals/35/wetlands/amphibi_field_manual.pdf
- Nelson JS. Fishes of the World. Fourth Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons; 2006. p. 601.
- O'Connell TJ, Bishop AJ, Brooks RP. Sub-sampling data from the North American breeding bird survey for application to the bird community index, an indicator of ecological condition. *Ecol Indic*. 2007;7(3):679-671. Doi:10.1016/j.ecolind.2006.07.007
- Pinto BCT, Araujo FG, Hughes RM. Effects of landscape and riparian condition on a fish index of biotic integrity in a large southeastern Brazil river. *Hydrobiologia*. 2006;556:69-83. Doi:10.1007/s10750-005-9009-y
- Pinto R, Patrício J, Baeta A, Fath BD, Neto JM, Marques JC. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. *Ecol Indic*. 2009;9(1):1-25. Doi:10.1016/j.ecolind.2008.01.005
- Rodrigues AMT, Pereira MT, Wegner PZ, Branco JO, Clezar L, Hostim-Silva M, et al. Manguezal do Rio Camboriú: Preservação e controle da qualidade ambiental. Itajaí, Brasil: IBAMA-CEPSUL; 1994. p. 65.
- Roth NE, Southerland MT, Mercurio G, Chaillou JC, Kazyak PF, Stranko S. State of the streams: 1995-1997 Maryland biological stream survey results [Internet]. Annapolis, Maryland: Department of Natural Resources; 1999. Report No.: CBWP-MANTA-EA-99-6. [Access 29 Mai 2013, cited 16 Jun 2013]. Available from: <http://www.dnr.state.md.us/streams/pdfs/ea-99-6.pdf>
- Silveira RM, Resgalla JrC. Avaliação da qualidade do sedimento do estuário do Rio Itajaí-Açu, Saco da Fazenda e região costeira adjacente mediante o uso de testes de toxicidade. In: Branco JO, Lunardon-Branco MJ, Bellotto VR, org. Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas, ed Univali; 2009. p. 127-138.
- Schettini CAF. Caracterização física do estuário do rio Itajaí-Açu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 2002;7(1):123-142.
- Schettini CAF. Hidrologia do Saco da Fazenda, Itajaí, SC. *Braz. J Aquat Sci Technol*. 2008;12(1):49-58. Doi:10.14210/bjast.v12n1.p49-58
- Schettini CAF. Hidrologia do Saco da Fazenda. In: Branco JO, Lunardon-Branco MJ, Bellotto VR, org. Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas, ed Univali; 2009. p. 27-42.
- Schettini CAF, Truccolo EC, Branco JO. Circulação do baixo estuário do Rio Itajaí. In: Lunardon-Branco MJ, Bellotto VR, org. Estuário do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas, ed Univali; 2009. p. 13-26.
- Schleiger SL. Use of an index of biotic integrity to detect effects of land uses on stream fish communities in West-Central Georgia. *T Am Fish Soc*. 2000;129(5):1118-1133. Doi:10.1577/1548-8659(2000)129<1118:UOAI>2.0.CO;2
- Scott JB, Steward CR, Stober QJ. Effects of Urban Development on Fish Population Dynamics in Kelsey Creek, Washington. *T Am Fish Soc*. 1986;115(4):555-567. Doi:10.1577/1548-8659(1986)115<555:EOUDOF>2.0.CO;2
- Simon TP, Jankowski R, Morris C. Modification of an index of biotic integrity for assessing vernal ponds and small palustrine wetlands using fish, crayfish, and amphibian assemblages along southern Lake Michigan. *Aquat Ecosyst Health Manag*. 2000;3(3):407-418. Doi:10.1016/S1463-4988(00)00033-6
- Souza-Conceição JA, Spach HL, Bordin D, Frisano D, Costa MDP. The role of estuarine beaches as habitats for fishes in a Brazilian subtropical environment. *Neotrop Biol Conserv*. 2013;8(3):121-131. Doi:10.4013/nbc.2013.83.02
- Szpilman M. Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação. Rio de Janeiro, Mauad Editora Ltda; 2008. p. 288.
- Terra BF, Teixeira TP, Estiliano EO, Gracia D, Pinto BCT, Araújo FG. Utilização do índice de integridade biótica para caracterização da qualidade ambiental do Rio Paraíba do Sul e confirmação com uso e ocupação do solo por geoprocessamento. *Rev Univ Rural Sér Ci Vida*. 2005;25(2):85-92.
- Theis IM, Fernandes CA. Políticas públicas e degradação ambiental em Itajaí, SC. *Geosul*. 2002;17(33):95-116.
- Weisberg SB, Ranasinghe JA, Schaffner LC, Diaz RJ, Dauer DM, Frithsen JB. An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. *Estuaries*. 1997;20:149-58. Doi:10.2307/1352728
- Whittfield AK, Elliott M. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *J Fish Biol*.

- 2002;61(A):229-250. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01773.x
- Vargas BM. Relatório da Comissão de Estudos do porto de Itajahy e rio Cachoeira. Itajaí: DNPN; 1935. p. 135.
- Yáñez-Arancibia A, Nugent R. El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. An Centro Cien Mar Limnol. 1977;4:107-117.
- Zhu D, Chang J. Annual variations of biotic integrity in the upper Yangtze River using an adapted index of biotic integrity (IBI). Ecol Indic. 2008;8(5):564-572. Doi:10.1016/j.ecolind.2007.07.004