



ARTIGO | ARTICLE

Imposex em saquaritá *Stramonita haemastoma* (Neogastropoda: Muricidae) na Baixada Santista

Imposex in the whelk *Stramonita haemastoma* (Neogastropoda: Muricidae),
from Baixada Santista (SP), Brazil

Juliana Beltramin De Biasi¹
Acácio Ribeiro Gomes Tomás¹
Luana Imparato¹

RESUMO

O neogastrópode *Stramonita haemastoma* sofre ação antrópica pela pesca e pela presença de compostos organoestânicos (tributil-estanho e trifetil-estanho) presentes em tintas anti-incrustantes de embarcações. Esses compostos promovem distúrbios endócrinos gerando masculinização (aparecimento de pênis e vaso deferente) em fêmeas saudáveis (*imposex*), podendo torná-las estéreis ou mesmo causar morte em casos extremos. Ambas as ações conjugadas podem influenciar a estrutura populacional da espécie, afetando a reprodução e, conseqüentemente, a reposição de recrutas. Este estudo objetivou avaliar a estrutura populacional da espécie *Stramonita haemastoma* em dez pontos distintos da Baixada Santista (SP), relacionando-a à pesca e à presença de tributil-estanho. Doze amostragens foram realizadas, entre julho de 2006 e maio de 2007, em localidades com diferentes intensidades quanto às ações antrópicas citadas, sendo analisadas a composição por tamanho e por gênero e a ocorrência indireta do grau de *imposex*. Os resultados apontaram 100% de fêmeas com *imposex* em áreas mais próximas ao Porto de Santos. Mesmo em regiões mais afastadas, como Peruíbe, foi registrada a ocorrência de fêmeas *imposex*adas.

Palavras-chave: *Imposex*. Estrutura populacional. Costa de São Paulo. Tributil-estanho. *Stramonita haemastoma*.

¹ Instituto de Pesca. Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Ponta da Praia, 11030-906, Santos, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: A.R.G. TOMÁS. E-mail: <argtomás@pesca.sp.gov.br>.

ABSTRACT

The neogastropod Stramonita haemastoma is affected by anthropogenic actions caused by fisheries and pollution from organotin compounds (tributyltin and triphenyltin) present in nautical antifouling paints. These compounds cause an endocrine disruption that imposes male sexual features (penis and vas deferens) to females, which may cause sterilization and even death in extremes cases. Both actions can influence the species population structure, affecting reproduction and, consequently, recruit replacement. The present study aims to evaluate the population structure of S. haemastoma in ten different locations Baixada Santista (SP, Brazil) which were exposed to distinct levels of fishery and tributyltin. Twelve samples were carried out through July 2006 to May 2007 to have size and gender composition analyzed as well as imposex indirect occurrence levels. Results point to a number of 100% female species presenting imposex in areas close to Santos harbor. Even in further areas, in the southward region - Peruipe - the presence of imposex was registered.

Key words: *Imposex. Population structure. Coast of São Paulo. TBT. Stramonita haemastoma.*

INTRODUÇÃO

Considera-se bioincrustação como o processo de colonização de organismos sésseis em quaisquer superfícies sólidas imersas (Camillo et al., 2004), sendo um grande problema para a indústria naval, já que reduz a velocidade das embarcações e amplia o consumo de combustível (Neves, 2006). Na década de 1960 foram introduzidas no mercado novas tintas anti-incrustantes, contendo o composto organoestânico tributil-estanho (TBT). Entretanto, esses compostos são perigosos ao ambiente marinho (Fernandez et al., 2005a), pois atingem também organismos não-alvo, permanecendo no ambiente por adsorção no sedimento e no material em suspensão, degradação química e fotoquímica ou ainda por ingestão (Camillo et al., 2004).

As primeiras deformidades em organismos relacionadas ao TBT foram relatadas por Smith (1971 apud Castro et al., 2004), posteriormente observadas em diferentes locais do mundo por autores como Horiguchi et al. (1994), Ress et al. (1998), Tan (1999), Blackmore (2000), Rilov et al. (2000) e Penchaszadeh et al. (2001), entre outros. Em animais presentes em costões rochosos foi verificado pseudo-hermafroditismo (Oehlmann et al., 1996) atribuído à absorção de compostos organoestânicos que provocam disfunção endócrina no organismo,

impondo caracteres morfológicos masculinos (pênis e vaso deferentes) a fêmeas (Garaventa et al., 2006). A depender da concentração desses compostos na água ou sedimento, as fêmeas da espécie podem tornar-se inférteis ou perecerem por necrose na cápsula de ovos (Gibbs & Brian, 1987). Na Argentina foram identificadas mais de 120 espécies com desregulações endócrinas, tendo o TBT como a principal causa (Penchaszadeh et al., 2001).

Estudos anteriores realizados no Brasil relatam a ocorrência de *imposex* em *Stramonita haemastoma* em localidades de São Paulo (Magalhães et al., 1996), Rio de Janeiro (Fernandez et al., 2002) e Paraná (Castro et al., 2007), relacionando-a com a proximidade de regiões portuárias (Fernandez et al., 2006). Esse táxon possui coloração externa em tons castanhos e parte interna variando do amarelo ao laranja, apresenta abertura do opérculo dentada e de duas ou mais espiras (Rios, 1985), é carnívoro, predador dos costões rochosos onde exerce importante papel na estruturação da biota, sendo amplamente distribuída ao longo da costa brasileira (Ribeiro, 2002). Possui baixa tolerância a elevadas temperaturas, exposição excessiva ao ar, não sendo capaz de regular sua osmolalidade em condições extremas (Calil, 2004). É considerada bioindicadora de TBT (Fernandez et al., 2006), pois apresenta dimorfismo nas estruturas reprodutoras de fêmeas,

como um "sexo imposto", ou, no idioma inglês, *imposex* (Garaventa et al., 2006).

O risco ao desequilíbrio populacional da espécie pode ser maior se, em áreas com presença de TBT, ocorrer subtração pela pesca que, via de regra, captura indivíduos de maior porte (adultos reprodutores), podendo implicar queda na produção de recrutas. Embora pouco se saiba sobre eventuais riscos que o TBT poderia provocar à saúde humana (Fernandez et al., 2005b), esse composto acumula-se nos tecidos adiposos, penetrando pelas biomembranas (Alzieu, 1986). Linley-Adam (1999) identificou alteração no sistema nervoso e hormonal de alguns mamíferos com assimilação via ingestão contínua de organismos contaminados, causando a biomagnificação (Takahashi et al., 1999), fenômeno observado em peixes (Axiak et al., 2000), mamíferos (Tanabe, 1999) e em aves marinhas (Guruge et al., 1997).

Embora países como França, Inglaterra, Estados Unidos, Austrália, Suécia, Alemanha e Japão já tenham abolido o uso de tintas contendo estanho, cerca de 70% de todas as embarcações existentes no mundo ainda as utilizam (Champ, 2000). O Brasil adotou, em 13 de novembro de 2002 (Leis Federais nº 6938, 9537 e 9605), a determinação da Convenção do *International Marine Organization* (IMO) que baniria totalmente ao uso de tintas com

TBT a partir de 2008. Entretanto, seus portos ainda recebem diversas embarcações de países não signatários desse acordo, que, associados à presença de tintas com organoestânicos no mercado, mantêm o impacto destas substâncias no ambiente marinho.

Este estudo objetiva avaliar a estrutura populacional de *Stramonita haemastoma*, relacionado-a a ações antrópicas (pesca e a contaminação dos organismos por TBT) ao longo da Baixada Santista - região metropolitana na costa central do Estado de São Paulo constituída por nove municípios - onde é denominada vulgarmente de saquiritã.

Material e Métodos

Na amostragem foram selecionados doze pontos amostrais na Baixada Santista, com ações antrópicas distintas nas suas proximidades, como regiões portuárias, tráfego de embarcações, presença de marinas e estaleiros e existência de atividades de captura da espécie de modo a serem classificadas empiricamente como nulas, médias ou intensas (Quadro 1).

Um mínimo de 30 animais de diferentes tamanhos foi coletado em cada ponto, em coleta manual (por vezes com mergulho em apnéia), dependendo da declividade e exposição do costão

Quadro 1. Locais de amostragem na Baixada Santista entre julho de 2006 e maio de 2007 com classificação da intensidade das atividades antrópicas.

Município	Localidade	Ação (intensidade)
Bertioga	Praia do Indaiá	PE (0), TM (1), M (0), P (0), E(0)
	Praia do Guaiúba (Ilha Careca)	PE (1), TM (2), M (0), P (0), E(0)
	Enseada do Guaiúba (Ponta Sul)	PE (0), TM (2), M (0), P (0), E(0)
Guarujá	Saco do Major	PE (2), TM (2), M (0), P (0), E(0)
	Ilha das Palmas (Baía de Santos)	PE (2), TM (2), M (0), P (1), E(0)
	Praia do Sangava (Baía de Santos)	PE (2), TM (2), M (0), P (1), E(0)
Santos	Molhes Canal 6	PE (0), TM (2), M (1), P (1), E(1)
	Pier Pescador	PE (2), TM (2), M (2), P (2), E(2)
São Vicente	Ilha Porchat	PE (2), TM (2), M (2), P (0), E(1)
Itanhaém	Praia dos Sonhos	PE (0), TM (2), M (1), P (0), E(1)
Peruíbe	Prainha do Guaraú	PE (0), TM (1), M (0), P (0), E(0)
	Praia do Caramboré	PE (0), TM (0), M (0), P (0), E(0)

PE: captura da espécie, TM: trânsito de embarcações; M: marinas; P: porto; E: estaleiros; 0: nula; 1: média; 2: intensa.

rochoso. Após a coleta, os animais foram mantidos em recipientes com bombas portáteis de aeração até o laboratório, onde foram transferidos para aquários de 30 l com aeração. Na narcotização foi aplicada solução de 1:1 de $MgCl_2$ a 7% em água destilada e água do mar do local amostrado, chegando a uma solução final de 3,5% de $MgCl_2$. Depois de narcotizados (cerca de 30 minutos), as massas individuais foram obtidas em balança de precisão de 0,01g, além da largura e do comprimento da concha, medidos com paquímetro de 0,1mm. Posteriormente, as conchas foram quebradas com auxílio de uma morsa, para exposição das vísceras, para verificação do gênero pela visualização do pênis e do vaso deferente (em machos e em fêmeas com *imposex*) e da glândula de albúmen, da cápsula de ingestão de esperma e da glândula de cápsulas ovígeras (em fêmeas).

A avaliação do grau de *imposex* foi realizada pela escala *Vans Deferens Senquence Index* (VDSI), criada por Gibbs (1987), e reformulada para *S. haemastoma* por Fernandez et al. (2005a) (Quadro 2), seguindo o modelo de Stroben et al. (1995), o qual classifica o grau de *imposex* por rotas fállicas ou afállicas, atribuídas a diferentes concentrações de TBT no ambiente, e pelo percentual de fêmeas *imposexadas* (Gebara et al., 1999). Utilizou-se também a mensuração indireta pela fórmula *Relative Penis Index* (RPSI), que se baseia na comparação do comprimento

médio do pênis dos machos e pseudopênis das fêmeas com *imposex*: $RPSI = [CFI^3 / CM^3] * 100$

onde:

CFI = comprimento médio do pênis das fêmeas com *imposex* por área.

CM = comprimento médio do pênis dos machos por área.

As coletas ocorreram no período de julho de 2006 a maio de 2007, totalizando 739 animais. A avaliação da intensidade da ação de pesca sobre a espécie foi realizada por meio de entrevistas com pescadores presentes nos locais de amostragem, onde foi considerada a presença da espécie, sua abundância relativa e uso da captura (isca ou alimentação), além da forma habitual de captura. Quanto à intensidade de navegação, foi aplicada classificação subjetiva (nula, média ou intensa) considerando a presença de portos, marinas e estaleiros na região circunvizinha a cada local de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A saquiratá *Stramonita haemastoma* é utilizada na pesca amadora como isca, e eventualmente na culinária, principalmente pela comunidade oriental da Grande São Paulo e comunidades de baixa renda da Baixada Santista. Como a espécie está associada à ocorrência de costões, somente nos municípios em que esse ambiente se fez presente foi realizado este estudo. Ainda assim, em localidades como a Praia do Indaiá (município de Bertioga, localidade mais setentrional deste estudo) e a Praia dos Sonhos (Itanhaém) não foram registrados exemplares da espécie.

A amplitude de comprimento variou entre 12,7mm (exemplar coletado na Prainha do Guaraú) e 68,1mm (Pier do Pescador), com média geral de 30,900 e desvio-padrão de 9,85mm. A razão macho:fêmea (*sex ratio*) variou localmente. Em locais com 100% de *imposex* manteve-se em 1:1, sugerindo que mesmo *imposexadas* as fêmeas continuam a se reproduzir dependendo do grau de comprometimento (Tabela 1).

Quadro 2. Escala adotada de desenvolvimento do *imposex* em *Stramonita haemastoma* coletados ao longo da Baixada Santista entre julho de 2006 e maio de 2007.

Grau	Características
O	Fêmea Saudável
I	Presença de Pré-pênis (verruca)
II	Pênis já formado (cerca de 1mm)
III	Pênis com dimensões passíveis de aferição e ou vaso deferente incompleto com desenvolvimento a partir da vulva (rota afállica) ou atrás do tentáculo direito (rota fállica)
IV	Vaso deferente completo, ressaltando presença de rotas afállicas
V	Vulva bloqueada pelo tecido do vaso deferente, ressaltada a rota afállica
VI	Presença de capsulas abortadas

Tabela 1. Média, mediana, moda, mínimo e máximo do comprimento e largura (em mm) das conchas por local analisado na Baixada Santista e a média geral de comprimento e largura (em mm), entre julho de 2006 e maio de 2007.

Localidade	C.c.(mm)		L.c (mm)		Sex ratio
Prainha Guaraú	Média	29,79	Média	18,61	1:0.86
	Erro-padrão	0,90	Erro-padrão	0,57	
	Mediana	30,20	Mediana	18,70	
	Moda	22,30	Moda	16,00	
	Mínimo	12,70	Mínimo	7,70	
	Máximo	47,20	Máximo	28,20	
Caramboré	Média	24,89	Média	16,25	1: 0.64
	Erro-padrão	0,59	Erro-padrão	0,46	
	Mediana	25,45	Mediana	16,00	
	Moda	25,00	Moda	18,50	
	Mínimo	1,34	Mínimo	0,84	
	Máximo	3,40	Máximo	2,54	
Ilha Porchat	Média	26,23	Média	15,85	1: 0.98
	Erro-padrão	1,91	Erro-padrão	1,62	
	Mediana	2,27	Mediana	1,49	
	Moda	16,60	Moda	22,70	
	Mínimo	16,60	Mínimo	9,40	
	Máximo	43,40	Máximo	29,50	
Canal 6	Média	30,53	Média	19,43	1:1
	Erro-padrão	0,75	Erro-padrão	0,48	
	Mediana	30,95	Mediana	19,25	
	Moda	30,00	Moda	19,00	
	Mínimo	16,80	Mínimo	10,00	
	Máximo	49,10	Máximo	31,00	
Pier do Pescador	Média	39,12	Média	24,57	1: 0.75
	Erro-padrão	0,97	Erro-padrão	0,67	
	Mediana	38,00	Mediana	23,70	
	Moda	35,00	Moda	24,10	
	Mínimo	23,00	Mínimo	10,40	
	Máximo	68,10	Máximo	41,70	
Ilha das Palmas	Média	32,25	Média	21,34	1: 0.47
	Erro-padrão	0,98	Erro-padrão	0,65	
	Mediana	28,40	Mediana	19,50	
	Moda	22,30	Moda	12,10	
	Mínimo	1,29	Mínimo	0,90	
	Máximo	5,29	Máximo	4,03	
Praia Sangava	Média	32,43	Média	20,87	1: 0.81
	Erro-padrão	1,26	Erro-padrão		
	Mediana	31,50	Mediana	20,00	
	Moda	24,00	Moda	15,00	
	Mínimo	22,00	Mínimo	12,00	
	Máximo	51,00	Máximo		
Saco do Major	Média	34,78	Média	24,00	1: 0.48
	Erro-padrão	0,77	Erro-padrão		
	Mediana	34,00	Mediana	23,60	
	Moda	30,00	Moda	25,00	
	Mínimo	21,10	Mínimo	15,10	
	Máximo	48,00	Máximo	33,50	
Ponta Sul - Guaiúba	Média	32,91	Média	20,24	1: 1,27
	Erro-padrão	1,03	Erro-padrão	0,80	
	Mediana	31,50	Mediana	20,00	
	Moda	31,00	Moda	18,00	
	Mínimo	23,00	Mínimo	10,00	
	Máximo	60,00	Máximo	35,00	
Ilha Careca - Guaiúba	Média	31,17	Média	22,66	1: 0.91
	Erro-padrão	0,68	Erro-padrão	0,56	
	Mediana	32,10	Mediana	23,10	
	Moda	24,20	Moda	24,20	
	Mínimo	21,60	Mínimo	14,00	
	Máximo	46,20	Máximo	33,80	
	Média Total C.c (mm)	30,90	Média Total L.c (mm)	20,07	

Nas localidades mais próximas aos portos, foi registrado maior percentual de fêmeas com *imposex*, como também com maior grau (até IV), como observado em Fernandez *et al.* (2006) e em Castro *et al.* (2007). O percentual de fêmeas com *imposex* aponta 100,0% na Ilha das Palmas, Canal 6 e *Pier* do Pescador, 83,3% no Sangava, 62,9%, no Saco do Major, 91,0% na ponta sul do Guaiúba, 24,0% na Ilha do Careca, 68,0% na Ilha Porchat, 8,0% no Guaraú e 23,0% no Caramboré.

A Ilha Porchat foi o ponto de maior ação de pesca sobre a espécie, observação corroborada por pescadores com coletas realizadas manualmente e uso exclusivo para isca; possivelmente, devido a essas circunstâncias, houve predominância de animais de menor porte. Ainda assim, foi registrada postura da espécie, sugerindo que a reprodução ocorre mesmo com grau elevado de *imposex* (IV). Na região de Santos e Guarujá as capturas ocorreram por mergulho em apnéia, sendo sua principal razão a utilização para comércio na comunidade oriental da cidade de São Paulo. Segundo as entrevistas, nestas regiões ocorrem as maiores abundâncias e animais de maior porte.

A presença da espécie nos costões com altos níveis de antropicidade pode ser relacionada à fase larval teleplânica (Castro *et al.*, 2004), sugerindo que animais de áreas distantes com menor impacto do TBT possam migrar para locais contaminados, recolonizando-os.

O crescimento do pênis e do vaso deferente em machos juvenis ocorre a partir da formação de

uma “verruga” (pré-pênis na escala VDS). Foi observado tanto o desenvolvimento de rota fálca - crescimento do vaso deferente inicia-se junto ao pré-pênis no tentáculo direito -, como o de rota afálca - crescimento inicia-se próximo à vulva. O desenvolvimento da rota fálca indicaria a semelhança entre a formação dos órgãos reprodutores masculinos tanto em machos como em fêmeas impactadas, diferenciando o *imposex* da espécie *S. haemastoma* de *Nucella lapillus* como sugerido por Stroben *et al.* (1995), Fernandez *et al.* (2005a) e Camillo *et al.* (2004).

Os resultados alcançados na análise de VDSI (Tabela 2) mostram que indivíduos amostrados no *Pier* do Pescador, na Ilha Porchat e no Canal 6 atingiram até o grau IV, de modo que esses locais podem ser considerados como os de maior impacto de TBT em face da maior proximidade de atividades que o disseminariam ao meio. As análises de RPSI demonstram o mesmo padrão: respectivamente 4,99, 4,45 e 6,98. Não foi encontrado nenhum indivíduo acima do grau IV. Fernandez *et al.* (2005b) observaram grau VI na espécie no Rio de Janeiro.

Em localidades que poderiam ser consideradas como “controles”, dada a maior distância de grandes fontes de disseminação de TBT, tais como as praias de Peruíbe e nas imediações de unidades de conservação com as Estações Ecológicas Juréia-Itatins e Tupiniquins (na parte mais austral da Baixada Santista), os índices de *imposex* apresentaram-se relevantes. Tal constatação pode ser atribuída não somente ao tráfego marítimo, mínimo na área,

Tabela 2. Relação entre machos e fêmeas de *Stramonita haemastoma*, fêmeas (%) com *imposex*, RPSI (*Relative Penis Index*) e VDSI (*Vans deferens Sequence Index*) por local amostrado na Baixada Santista de julho de 2006 e maio de 2007.

Local	n (Machos/Fêmeas)	% <i>Imposex</i>	RPSI	VDSI
Praia do Indaiá	-	-	-	-
Ilha Careca	27/25	24,0	0	I
Ponta Sul	28/18	94,4	0	I - III
Saco do Major	27/28	64,0	0	I - III
Ilha das Palmas	52/55	100,0	0	I - IV
Praia do Sangava	16/12	83,3	0	I - II
Molhes do Canal 6	53/25	100,0	4,99	I - IV
<i>Pier</i> do Pescador	38/31	100,0	6,98	I - IV
Ilha Porchat	27/13	68,0	4,45	I - IV
Praia dos Sonhos	-	-	-	-
Praia do Guaraú	47/53	8,0	0	I - III
Praia do Caramboré	24/22	23,0	0	I - III

como também à possibilidade de o composto ser carregado para essas localidades por disseminação das correntes. Segundo Mensink *et al.* (1996), mesmo em concentrações baixas (na ordem de ng/l) a presença de TBT induziria ao *imposex*.

Na ponta sul do Guaiúba foram registrados exemplares com anomalias na largura da concha e na formação de espiras, que podem ser relacionadas a ações sinérgicas com outros compostos como benzopireno (Padrós *et al.*, 2003). De todas as localidades analisadas, essa é a mais próxima das áreas antiga e atual de deposição do lodo dragado do canal de navegação do Porto de Santos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2001).

Os resultados apresentados evidenciam elevados níveis de *imposex* em Santos e Guarujá, devido tanto ao intenso tráfego nos Portos de Santos, quanto à proximidade de embarcadouros e marinas, além das correntes estuarinas canalizadas do canal do porto no sentido Guarujá (Harari & Camargo, 1998), o que possivelmente induz aos maiores níveis na área. Embora o Brasil seja signatário da convenção de sistemas anti-incrustantes da IMO para o banimento de tintas com compostos estânicos, ainda existe dificuldade no controle e no eventual monitoramento desses compostos nas áreas litorâneas.

O uso da espécie como alimento constatado na região com maior intensidade antrópica pode levar a riscos à população humana que as consome, uma vez que os compostos organoestânicos se bioacumulam no fígado e nos órgãos reprodutores (Langman, 2003) podendo causar efeitos deletérios. Em altas concentrações, apresenta efeito cancerígeno (Quiao *et al.*, 1998).

Apesar do impacto do *imposex*, a espécie ao se reproduzir não apresenta notáveis modificações em sua estrutura populacional. Isso pode estar associado a prováveis reduções na carga de TBT no meio ou à dispersão de larvas entre regiões mais expostas ao TBT (como a Baía de Santos) e outras com menor exposição.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e Instituto de Pesca pela

concessão da bolsa de iniciação científica PIBIC (Proc. 110268/2006-7), ao Prof. Dr. Marcos Antonio Fernandez (Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro) pelo estímulo, apoio e auxílio no início deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Alzieu, C. (1986). TBT detrimental effects in oyster culture in France: evolution since antifouling paint regulation. *Proceedings of the Oceans 1986 Organotin Symposium* Washington, DC: Marine Technology Society. 1:130-4.
- Axiak, V.; Vella, A.J.; Agius, D.; Bonnici, P.; Cassar, G.; Cassone, R.; Chircop, P.; Micallef, D.; Mintoff, B. & Sammut, M. (2000). Evaluation of environmental levels and biological impact of TBT in Malta (Central Mediterranean). *The Science of the Total Environment*, 258(1):89-97.
- Blackmore, G. (2000). *Imposex* in *Thais clavigera* (Neogastropoda) as an indicator of TBT (tributyltin) bioavailability in coastal waters of Hong Kong. *Journal of Molluscan Studies*, 66(1):1-8.
- Calil, P. (2004). Influência da antropização na biota de 3 diferentes costões rochosos em Itapoá - SC. *Anais do I Congresso Brasileiro de Oceanografia*, 2004, Itajai. v.1.
- Camillo, E.; Quadros, J.; Castro, I.B. & Fernandez, M.A. (2004). *Imposex* in *Thais rustica* (Mollusca: Neogastropoda) (Lamarck, 1822) as an indicator of organotin compounds pollution at Maceió coast (Northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(2):101-5.
- Castro, I.B.; Meirelles, A.O.C.; Mathews-Cascon, H. & Fernandez, M.A. (2004). *Thais (Stramonita) rustica* (Lamarck, 1822) (Mollusca: Gastropoda: Thaididae): a potential bioindicator of contamination by organotin Northeast Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(2):135-9.
- Castro, I.B.; Bemvenuti, C.E. & Fillmann, G. (2007). Preliminary appraisal of *imposex* in areas under the influence of Southern Brazilian harbors. *Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology*, 2(1):73-9.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2001). *Sistema Estuarino de Santos e São Vicente*. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB.
- Champ, M.A. (2000). A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. *The Science of the Total Environment*, 258(1-2):21-71.
- Fernandez M.A.; Limaverde A.M.; Castro I.B.; Almeida, A.C.M. & Wagener, A.R. (2002). Occurrence of *imposex* in *Thais haemastoma*: possible evidence of environmental contamination derived from organotin compounds in Rio de Janeiro and Fortaleza, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 18(2):463-76.

- Fernandez, M.A.; Wagener, A.L.R.; Limaverde, A.M.; Scofield, A.L.; Pinheiro, F.M. & Rodrigues, E. (2005a). Imposex and surface sediment speciation: a combined approach to evaluate organotin contamination in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, 59(5):435-52.
- Fernandez, M.A.; Limaverde, A.M.; Scofield, A.L. & Wagener, A.R. (2005b). Preliminary evaluation of human health risk from ingestion of organotin contaminated seafood in Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 53(1/2):75-7.
- Fernandez, M.A.; Ostritz, F.; Rezende, A.R.; Silva, S.C.; Folha, D.O. & Pinheiro, F.M. (2006). Temporal variability of imposex development in *Stramonita haemastoma* in Guanabara bay at a fixed sampling station: results from 1998-2006. *Proceeding of Environmental and Health World Congress, 2006, Santos*. 1:75-9.
- Garaventa, F.; Faimali, M. & Terlizzi, A. (2006). Imposex in pré-pollution times. Is TBT to blame? *Marine Pollution Bulletin*, 52:696-718.
- Gebara, L.; Teles, G.; Bispo, L.; Wagener, A.R. & Fernandez, M.A. (1999). Distribuição do imposex no gastrópode *Thais haemastoma* (Neogastropoda, Thaididae) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Resumo da XII Semana Nacional de Oceanografia*, 1999, Rio de Janeiro. p.381-3.
- Gibbs, P.E. & Bryan, G.W. (1987). TBT paints and the demise of the dog-whelk, *Nucella lapillus* (Gastropoda). *Proceeding the Oceans*, NY. 4:1482-7.
- Guruge, K.S.; Iwata, H.; Tanaka, H. & Tanabe, S. (1997). Butyltin accumulation in the liver and kidney of seabirds. *Marine Environmental Research*, 44(2):191-9.
- Harari, J. & Camargo, R. (1998). Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): circulação de maré. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46(2):135-58
- Horiguchi, T.; Shiraiishi, H.; Shimuzu, M. & Morita, M. (1994). Imposex and organotin compounds in *Thais clavigera* and *T. bronni* in Japan. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 74:651-69.
- Langman, M. (2003). Safe upper levels for vitamins and minerals. Part 3, Risk assessment. Tin. *Expert Group vitamins and minerals*. Food Standards Agency, 240-5. Available from: <www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/vitmin2003.pdf>. (accessed: 20 Oct. 2008).
- Linley-Adams, G. (1999). *The accumulation and impact of organotins on marine mammals, seabirds and fish for human consumption*: WWF-UK project nº. 98054.1-26. Available from: <www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/tbt01.pdf>. (accessed: 15 Oct. 2008).
- Magalhães, C.A.; Struchi, P.P. & Asbahr, M. (1996). Evidencia de imposex em população de *Stramonita haemastoma* (Gastropoda, Prosobranchia) em áreas portuárias do Estado de São Paulo. *Anais do III Congresso Simpósio sobre Oceanografia IOUSP*, 1996, São Paulo.
- Mensink, B.P.; Ten Hallers-Tjabbes, C.C.; Kralt, J.; Freriks, I.L. & Boon, J.P. (1996). Assessment of imposex in the common whelk, *Buccinum undatum* (L.) from the Eastern Scheldt, The Netherlands. *Marine Environmental Research*, 41(4):315-25.
- Neves, C.S. (2006). *Bioinvasão mediada por embarcações de recreio na Baía de Paranaguá, PR e suas implicações para Conservação*. Dissertação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná.
- Oehlmann, J.; Bauer, B.; Michin, D.; Schulte-Oehlmann, U.; Fioroni, P. & Markert, B. (1996). Imposex in *Nucella lapillus* and intersex in *Littorina littorea*: interspecific comparison of two TBT-induced effects and their geographical uniformity. *Hydrobiologia*, 378(1-3):199-213.
- Padrós, J.; Pelletier, E. & Oliveira Ribeiro, C.A. (2003). Metabolic interactions between low doses of benzo[a]pirene and tributyltin in arctic char (*Salvelinus alpinus*): a long term in vivo study. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 192(1):45-55.
- Penchaszadeh, P.E.; Averbuj, A. & Clendon, M. (2001). Imposex in Gastropods from Argentina (South-Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 42(9):790-1.
- Qiao, Y.; Taylor, P.R.; Yao, S.; Erozan, Y.S.; Luo, X.; Barret, M.J.; Yan, Q.; Giffen, C.A.; Huang, S.; Maher, M.M.; Forman, M.R. & Tockman, M.S. (1997). Risk factors and early detection of lung cancer in a cohort of Chinese tin miners. *Annals of Epidemiology*, 7(8):533-41.
- Ribeiro, V.P. (2002). *Avaliação do potencial da espécie Stramonita haemastoma* (Koll, 1987) como indicador biológico de contaminação ambiental por compostos organo-estânicos. Dissertação, Universidade Federal Fluminense.
- Rilov, G.; Gasith, A.; Evans, S.M. & Benayahu, Y. (2000). Unregulated use of TBT-based antifouling paints in Israel (Eastern Mediterranean): high contamination and imposex levels in two species of marine gastropods. *Marine Ecology Progress Series*, 192:229-38.
- Rios, E.C. (1985). *Seashells of Brazil*. 2nd ed. Rio Grande: Museu Oceanográfica da Fundação Universidade do Rio Grande.
- Stroben, E.; Schulte-Oehlmann, U.; Fioroni, P. & Oehlmann, J. (1995). A comparative method for easy assessment of coastal TBT pollution by the degree of imposex in Prosobranch species. *Haliotis*, 24:1-12.
- Takahashi, S.; Tanabe, S.; Takeichi, I. & Miyazaki, N. (1999). Distribution and specific bioaccumulation of butyltin compounds in marine ecosystem. *Archives Environmental Contamination Toxicology*, 37(1):50-61.
- Tan, K.S. (1999). Imposex in *Thais gradata* and *Chicoreus capucinus* (Mollusca, Neogastropoda, Muricidae) from the Straits of Johor: a case study using penis length, area and weight as measures of imposex severity. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-12):295-303.
- Tanabe, S. (1999). Butyltin contamination in marine mammals: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-12):62-72.

Recebido em: 7/8/2008

Versão final reapresentada em: 27/8/2009

Aprovado em: 29/10/2009