

USO DE BIOMARCADORES EM AMBIENTES AQUÁTICOS E O MONITORAMENTO AMBIENTAL EM REGIÕES COSTEIRAS

EDUARDO GOMES DA SILVA¹
RÔMULO DIEGO DE LIMA BEHREND²

RESUMO

O meio ambiente vem sofrendo diversas alterações por conta dos poluentes que são despejados oriundos de atividades agrícolas, ambientais e de regiões urbanas, principalmente por intermédio da população. Os biomarcadores constituem uma abordagem de estudo para avaliar riscos de impactos ambientais causados por alterações ambientais, de forma que são identificados problemas, e seja realizado o monitoramento ambiental dessas áreas, evitando assim possíveis efeitos aos seres vivos que vivem nessas regiões. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar o uso biomarcadores em ambientes aquáticos e o monitoramento ambiental em regiões costeiras. Para o alcance do objetivo desse trabalho, a metodologia utilizada foi a pesquisa exploratória, tendo como coleta de dados o levantamento bibliográfico. A escolha do tema justificou-se por refletir a importância do uso de biomarcadores no meio ambiente, as interferências no habitat de grandes espécies, e o monitoramento ambiental em regiões costeiras, de forma que seja mensurado informações a respeito dos riscos e benefícios nestes locais. Com o uso de biomarcadores, foi possível identificar a presença de possíveis agentes tóxicos e substâncias, que de certa forma vem prejudicando a saúde de espécies e do meio ambiente. Por isso, eles podem proporcionar uma melhor estimativa dos riscos que são gerados, devido seu alto impacto e importância, não somente na identificação de agentes nocivos, mas também no monitoramento ambiental em diversas regiões do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Biomarcadores; Meio Ambiente; Ecossistemas Aquáticos.

¹ Farmacêutico, Mestre em Medicina Veterinária pela Universidade Metropolitana de Santos, Especialista em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Maringá, Professor de Biologia, Ciências e Química pelo Governo do Estado de São Paulo. e-mail: eduardogomes472@gmail.com

² Formado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá, Mestre em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá. Atualmente é Professor e Coordenador do curso de Ciências Biológicas pela Universidade Cesumar. email: romulo.behrend@unicesumar.edu.br

USE OF BIOMARKERS IN AQUATIC ENVIRONMENTS AND ENVIRONMENTAL MONITORING IN COASTAL REGIONS

ABSTRACT

The environment has undergone several changes due to the pollutants that are dumped from agricultural, environmental and urban activities, mainly through the population. Biomarkers are a study approach to assess risks of environmental impacts caused by environmental changes, so that problems are identified, and environmental monitoring of these areas is carried out, thus avoiding possible effects on living beings living in these regions. Therefore, the aim of this study was to analyze the use of biomarkers in aquatic environments and environmental monitoring in coastal regions. In order to achieve the objective of this work, the methodology used was exploratory research, with the data collection being the bibliographic survey. The choice of the theme was justified because it reflects the importance of using biomarkers in the environment, the interferences in the habitat of large species, and the environmental monitoring in coastal regions, so that information about the risks and benefits in these places is measured. With the use of biomarkers, it was possible to identify the presence of possible toxic agents and substances, which in a way has been damaging the health of species and the environment. Therefore, they can provide a better estimate of the risks that are generated, due to their high impact and importance, not only in the identification of harmful agents, but also in the environmental monitoring in several regions of Brazil.

KEYWORDS: Biomarkers; Environment; Aquatic Ecosystems.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da industrialização e da urbanização, os ecossistemas ambientais passaram a sofrer grandes impactos decorrentes de atividades prejudiciais à saúde das espécies. Atividades de cunho industrial, agrícola e doméstico também são responsáveis pelo uso de substâncias químicas capazes de contaminar as águas de rios, lagos e oceanos (FENT, 2004).

A fonte de poluição é extremamente danosa a distintos organismos dos ecossistemas aquáticos, como os invertebrados, uma vez que os poluentes podem ser extremamente tóxicos para estes, ameaçando não somente seu ecossistema, mas também a biodiversidade aquática de outras espécies de grande importância ecológica (SARKAR et al., 2006).

Com o intuito de avaliar as respostas das comunidades biológicas frente a modificações nas condições ecossistêmicas, tem sido usados biomarcadores. Os biomarcadores são alterações biológicas nos fluídos corporais, células ou tecidos indicativos da exposição a concentrações subletais de poluentes ambientais, detectadas em nível molecular, celular e fisiológico (LIVINGSTONE, 1993; WALKER et al., 2004).

Estes são potencialmente utilizados para detecção de qualquer exposição e/ou efeito de contaminantes que fornecem informações sobre a biodisponibilidade de substâncias tóxicas, e dão respostas a diferentes níveis de organização biológica, para além de atuarem como sinais de alerta precoce da presença de agentes químicos potencialmente tóxicos (OLIVEIRA & KUMMROW, 2008).

Segundo Jacobson (2000), os biomarcadores têm sido amplamente utilizados para o monitoramento biológico, sendo capazes de responder ao estresse, em decorrência da exposição de contaminantes presentes em diversas matrizes ambientais, como água, solo e ar.

Por conta disso, o monitoramento ambiental tem sido eficaz na avaliação do controle e dos efeitos causados por compostos químicos que são lançados ou despejados no meio ambiente, de maneira que isso seja feito para avaliar as principais

respostas relacionadas aos contaminantes existentes e quais riscos podem trazer para as espécies (COIMBRA, 2013).

Além disso, em nível de organização biológica, os biomarcadores, podem ser usados como ferramentas necessárias, que ajudam no monitoramento e correção da exposição a contaminantes no meio ambiente (MAGALHÃES & FILHO, 2008).

Esse tema é atual e necessário, por conta das constantes mudanças ocorridas no meio ambiente, onde não somente a contaminação por poluentes, mas questões de monitoramento e preservação ambiental devem ser levadas em consideração para melhoria da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos.

Com isso, o presente estudo visa entender uso de biomarcadores em ambientes aquáticos e como é realizado o monitoramento ambiental em regiões costeiras, de forma a identificar os principais impactos gerados e mecanismos importantes que podem comprometer o meio ambiente.

1. BIOMARCADORES

Biomarcadores, ou “*end points*,” podem ser consideradas como a reação, a resposta do organismo frente a um contaminante como um todo, expressando alterações no organismo, nas células, em seus componentes ou processos químicos (WALKER et al., 2004).

Segundo Adams (2002) e Coimbra (2013), biomarcadores podem ser definidos como mudanças nas respostas nos níveis biológicos de espécies, com alto potencial de identificar sinais de estresse ambiental originados de contaminantes como medicamentos, produtos químicos ou substâncias tóxicas, que podem gerar sendo eles moleculares, celulares, genéticos, imunológicos e fisiológicos, influenciando em mudanças comportamentais em espécies ambientais.

Os biomarcadores podem ser considerados como uma resposta biológica a diversos componentes químicos que estão relacionados a exposição de efeitos tóxicos em nível de organismo, sendo medidos por exposição a diversos fatores como estresse biológico, fisiológico ou comportamental de alguma espécie (BONACCI et al., 2007).

Estes podem ser usados em programas de monitoramento para confirmar a exposição individual e/ou grupal de populações frente a determinados agentes químicos, bem como estimar o seu risco mediante a comparação com padrões previamente estabelecidos (WEPENER, 2013).

Alguns biomarcadores são utilizados em diversos programas de impactos de ecossistemas aquáticos, por conta de terem respostas de curto prazo de tempo e possuem baixo custo. Por conta disso, os biomarcadores podem ser empregados na avaliação das respostas de comunidades biológicas com diversas modificações nas condições ecossistêmicas, principalmente quando são inseridas substâncias tóxicas no meio ambiente (FILHO et al., 2014).

Com relação na utilização dos biomarcadores, o mesmo tem a finalidade de explicar a relação existente da causa-efeito e dose-efeito com base nos principais contaminantes, e os riscos que podem gerar na saúde, com base em fins diagnósticos clínicos e monitorização biológica (WHO, 2017).

O uso de biomarcadores é algo de extrema importância na atualidade para se tomar medidas de proteção ambiental. Desta forma, o uso de biomarcadores constitui uma ferramenta fundamental para a avaliação das respostas das comunidades biológicas frente a várias modificações nas condições ecossistêmicas, principalmente na questão do uso de fármacos no meio ambiente (ZANELLO et al., 2008).

Segundo Jacobson (2000), o uso dos biomarcadores na avaliação de risco fornece uma ligação crítica entre a exposição à substância química, dose interna e prejuízo à saúde, e são valiosos na avaliação do risco. Temos ainda, a nível da organização biológica, o uso de biomarcadores, sendo ferramentas necessárias que ajudam no monitoramento e correção da exposição a contaminantes no meio ambiente (MAGALHÃES & FILHO, 2008).

Além disso, o uso de biomarcadores pode ser utilizado para determinar o grau de impacto na saúde e em organismos vivos, onde de certa forma ajudam a identificar uma grande possibilidade de estresse por parte de algumas espécies ambientais ou identificação de poluentes que podem comprometer a saúde e bem-estar dos seres vivos (COIMBRA, 2013).

Os biomarcadores podem ser usados na atividade de monitorização para confirmar a exposição individual ou de uma população a uma determinada substância química e avaliar seu risco, quando comparados com uma referência apropriada, que de certa forma pode prejudicar o meio em que está inserida. Sabendo-se que a monitoramento ambiental é realizado para reduzir as exposições ocupacionais e verificar se as medidas preventivas adotadas no ambiente são satisfatórias (WEPENER, 2013).

O monitoramento ambiental tem como meta principal verificar se existe segurança enquanto ocorre a presença do agente químico no ambiente de trabalho, em exposições presentes, e inclusive passadas, para evitar a ocorrência de efeitos adversos, podendo trazer sérios prejuízos à saúde de uma população como todo, que de certa forma está interligado ao uso de biomarcadores, como fontes de grande importância em pesquisas biológicas (SOUZA et al., 2013).

2. MONITORAMENTO AMBIENTAL

O monitoramento ambiental na literatura científica é entendido como o uso e aperfeiçoamento de informações adquiridas sobre os principais eventos, tendências, relacionamentos e transformações que ocorrem no meio ambiente (ALBINATI et al., 2007).

O biomonitoramento é destacado na utilização do monitoramento da qualidade da água e verificar a presença de substâncias que possam comprometer o ambiente aquático. Por conta disso, os bioindicadores são considerados como qualquer resposta a um contaminante no meio ambiente, sendo de nível individual, podendo ser medidos no organismo, com a indicação de desvios da qualidade da água e perda de espécies ambientais (ARIAS et al., 2007).

Muitas empresas monitoram os contaminantes que são despejados no meio ambiente, a fim de encontrar soluções para evitar mudanças drásticas que podem prejudicar não somente o ambiente, mas também espécies ambientais (MIRON et al., 2008).

Muitos contaminantes aquáticos vêm prejudicando espécies ambientais, desestruturando o meio ambiente, trazendo sérias consequências que podem gerar grandes impactos em diferentes pontos como social e econômico. E um dos principais contaminantes são os compostos químicos, agrotóxicos e medicamentos que são lançados no meio ambiente de maneira inadequada (GRISOLIA, 2005).

Os bioindicadores são importantes organismos resistentes a diversos níveis de contaminação, na qual não são destruídos por exposição a agentes de origem tóxica, tendo como preocupação, a saúde dos ambientes respectivos a cada organismo. Por isso, eles respondem as principais alterações ambientais sendo realizadas por meio de reações químicas e metabólicas, que podem interferir na mudança do ambiente aquático, sendo um dos motivos de grande preocupação por especialistas, biólogos e pessoas que trabalham com a preservação e garantia da qualidade do meio ambiente (ARIAS et al., 2007).

Por conta desses problemas, a avaliação de bioindicadores é de extrema importância dentro do monitoramento ambiental, que veio para trazer informações e identificar possíveis poluentes (VEIGA et al., 2006).

Porém Albinati (2009), cita que espécies de ambientes aquáticos, plantas de origem aquática, invertebrados marinhos, mamíferos, entre outros, podem ser utilizados para possíveis pesquisas, que de certa forma são importantes aliados em vários seguimentos e com isso podem ser considerados bioindicadores.

Nos ambientes aquáticos, sabe-se que é grande a possibilidade de poluição por conta da ação do homem, na qual o mesmo utiliza recursos de maneira indevida, trazendo consequências significantes, sendo que as atividades antrópicas tem a capacidade de modificar a organização das comunidades biológicas, tendo como resultados, a perda de espécies ambientais, diminuição da comunidade biológica e o mais importante, perca do crescimento econômico nestas regiões, que sofrem com a perda de investimentos por parte desses problemas (SOUZA et al., 2007).

Um verdadeiro bioindicador precisa sobreviver a diversos ambientes saudáveis, porém, apresenta resistência a certos contaminantes que estão expostos, que podem prejudicar suas características (AKAISHI et al., 2004).

O monitoramento ambiental tem o papel de informar e fornecer informações que serão importantes para a gestão dos recursos do meio ambiente ou atividades realizadas pelo ser humano que possam causar impactos ambientais. Por conta disso, os dados coletados e informações prestadas serão utilizadas para detectar mudanças crônicas ao entorno das áreas degradadas e estudadas, de forma a garantir os melhores resultados a serem divulgados na comunidade científica (CETESB, 2005).

Dentro do monitoramento biológico, os biomarcadores estão relacionados com a identificação de possíveis efeitos tóxicos no meio ambiente, na qual o biomonitoramento vem com intuito de avaliar as possíveis respostas a diversos tipos de espécies ambientais como invertebrados marinhos que podem estar relacionados a substâncias de origem tóxica, prejudicando seu desenvolvimento (COIMBRA, 2013).

A realização da monitorização biológica permite avaliar a exposição global ao agente tóxico, devido à exposição ocupacional, além de considerar os aspectos individuais de exposição aumentada, provenientes, por exemplo, de esforço físico e as suscetibilidades biológicas. Os impactos acima descritos, produzem inúmeras alterações nos ecossistemas aquáticos, que causam modificações diretas ou com efeitos indiretos. As avaliações qualitativas e quantitativas destes impactos são parte muito importante dos futuros estudos, diagnósticos, e ações estratégicas na pesquisa ambiental, que podem ser importantes em ambientes aquáticos, impactando em regiões costeiras (MORAES, 2007).

Tendo como base as informações acerca do monitoramento, o mesmo tem grande importância no sentido de transmitir os principais resultados positivos, sendo eles no gerenciamento mais qualificado na tomada das principais decisões nos pontos em que apresentam instabilidade ambiental ou contaminação em regiões aquáticas, na qual será utilizado parâmetros para entender como será feito a identificação dos problemas, realizando intervenções nas regiões afetadas, e quais medidas serão tomadas para garantir a qualidade do meio ambiente, de forma a garantir o crescimento e desenvolvimento de espécies e regiões ambientais (CETESB, 2005).

3. AMBIENTES AQUÁTICOS E REGIÕES COSTEIRAS

Diante de grandes transformações ocorridas no Brasil e no mundo, o ambiente aquático é considerado um ecossistema que sofre diversos impactos causados pela ação antrópica, onde são constituídos por vários produtos de origem da atividade humana, onde esses mesmos ecossistemas refletem com grande facilidade os efeitos de várias atividades que acontecem em seu meio, estando expostos a grande quantidade de agentes químicos e poluentes, prejudicando a biota e o meio ambiente como um todo (AKAISHI, 2004).

O ambiente aquático nos últimos anos vem se tornando o principal destino final dos mais diversos tipos de substâncias químicas, oriundas de processos industriais, comerciais e residenciais, que de certa forma influenciam na qualidade do meio ambiente (GOWLAND et al., 2002).

Dentre os ambientes aquáticos, tem-se os ecossistemas da Zona Costeira, como estuários, manguezais, e lagoas costeiras, bem como os banhados e áreas úmidas costeiras que, apresentam grau elevado de interferência com a gestão de recursos hídricos (OLIVEIRA, 2011).

A Zona Costeira do Brasil, é uma unidade territorial, com definição pela legislação ambiental, onde podem ser encontradas em 17 estados, abrangendo mais de 400 municípios, distribuídos por todo país, tendo como principais aspectos, sua variedade de espécies, ecossistema, garantindo a preservação dos mesmos, se estendendo por 7.300 km, onde de certa forma impacta diretamente em questões sociais, ambientais e econômicas (MATIAS et al., 2003).

O grande conhecimento da estrutura e funções dos ecossistemas aquáticos somado às informações sobre os mecanismos de ação dos poluentes nos organismos alvos, tem sido de grande importância na preservação e conservação desses ambientes, de forma a garantir não somente a vida como também a sustentabilidade desses ambientes (OYAKAWA et al., 2006).

O aumento da concentração de substâncias orgânicas, como nutrientes e outras condições ambientais como os gradientes térmicos e a salinidade variável, e muitas condições de abrigo e grande suporte à reprodução e alimentação de diversas

espécies que habitam os oceanos, fizeram com que os ambientes costeiros passassem por grandes transformações, gerando foco de muita atenção, principalmente na parte de conservação ambiental e à manutenção de sua biodiversidade (CANRIGHT, 2006).

Por conta disso, há uma grande preocupação com toda sua integridade e o equilíbrio do meio ambiente em regiões costeiras, devido a grandes ameaças causadas por ação humana, exploração desenfreada e muitas vezes de origem predatória dos recursos naturais como invertebrados marinhos, vertebrados e outras espécies, e ainda por serem locais de lazer e turismo por parte de populações urbanas, que acabam migrando para essas regiões (CARRILHO, 2016).

Evidente que há muito trabalho a ser feito, de forma a garantir melhorias na qualidade das regiões costeiras, preservação das espécies ambientais e principalmente da sua biota, que está ameaçada, mas, de certa forma, é preciso grande investimento, novas tecnologias, parceria com o poder público e sociedade, que precisam entender que a preservação de todo esse conjunto fará a diferença no final do ciclo, onde o meio ambiente é de todos, e é necessário uma atenção redobrada para que o mesmo seja cuidado da melhor forma, garantindo vida as próximas gerações (PEREIRA et al., 2013).

4. INVERTEBRADOS MARINHOS E CONTAMINAÇÃO AQUÁTICA

Os invertebrados de origem aquática são considerados um grupo de grande importância no ecossistema, na qual apresentam uma grande variedade e biodiversidade reunindo animais de diversas categorias taxonômicas, tendo o papel essencial na conservação da estrutura trófica dos principais sistemas aquáticos.

O local onde vivem possui condições ambientais de grande diversidade e complexidade, permitindo encontrar uma grande biodiversidade compreendendo, bactérias, cianobactérias, protozoários, fungos, algas, esponjas, corais, bivalves, moluscos, peixes e mamíferos aquáticos, que compõem a grande classe ambiental (STUDINSKI & GRUBBS, 2007).

Os invertebrados são muito utilizados na indicação da integridade de ecossistemas de água doce, na qual muitos são sensíveis ao estresse e contaminação por substâncias tóxicas provocadas pela poluição, mudança do habitat das espécies ou por eventos mais severos como perturbações no meio aquático, favorecendo prejuízos no controle ambiental (GAVRILESCU et al., 2015).

Por conta disso, foi gerado o conceito de organismos bioindicadores, sendo considerados grupos que auxiliam através de sua presença e densidade, alterações no meio ambiente, principalmente por substâncias tóxicas e outros pontos que possam prejudicar o meio como um todo (CHEN et al., 2015).

As fontes poluidoras são extremamente danosas aos ecossistemas aquáticos afetando entre outras espécies os invertebrados, uma vez que os poluentes podem ser extremamente tóxicos para estes organismos, ameaçando não somente seu ecossistema, como também a biodiversidade aquática de outras espécies de grande importância ecológica (SARKAR et al., 2006).

Parte dos poluentes que são oriundos do esgoto e demais locais, podem ser propícios a contaminarem estes ambientes aquáticos, prejudicando espécies ambientais, trazendo prejuízos para toda comunidade ecológica e científica por conta da presença de substâncias tóxicas que possam prejudicar o crescimento e desenvolvimento dos invertebrados marinhos (SODRÉ & GRASSI, 2007).

Dentro do meio ambiente, os invertebrados são encontrados em diversos sistemas aquáticos, desde pequenos locais até grandes lagos e reservatórios de preservação ambiental, até em rios, na qual ocupam uma grande variedade de habitats, e esta heterogeneidade favorece no desempenho de um variado grupo de organismos com diversas características taxonômicas.

A contaminação dos ambientes aquáticos e da água são pontos importantes a serem levados em consideração em grandes pesquisas científicas, na qual tornaram-se um problema socioambiental por conta da presença de substâncias tóxicas. À medida que o crescimento da população humana vem se expandindo, a qualidade das águas precisa ser acompanhadas, por conta da sua utilização e também da possível presença de componentes que possam prejudicar o meio ambiente (MARTINS, 2004).

O entendimento desses problemas ambientais é grande, devido a grandes riscos da perda de espécies ambientais nos ecossistemas aquáticos, por conta da presença de contaminantes, substâncias químicas, fármacos, dentre outras que possam prejudicar as espécies ambientais (JONES et al., 2003)

Como exemplo temos o mexilhão *Perna perna*, sendo um molusco bivalve da família *Mitilidae*, tendo boa aceitação pela comunidade local, alto valor econômico e tendo grande importância no meio dos invertebrados marinhos, sendo uma das espécies mais consumidas no mundo todo (FERREIRA et al., 2013). Os moluscos bivalves são considerados organismos filtradores que possuem sua qualidade ligada a condições sanitárias das águas onde são cultivados por pesquisadores e maricultores (KAY et al., 2008).

E nessas condições, os bivalves marinhos são uma das principais espécies que são expostas a contaminação, podendo haver prejuízos em seu habitat natural, no crescimento e desenvolvimento das espécies, sendo que são muito utilizados para comercialização pelos maricultores (MILAN et al., 2013).

A preocupação para reduzir os principais efeitos das atividades nos ecossistemas aquáticos requerem não somente o conhecimento do tema, mas a união de todas as áreas e setores ambientais para diminuir as contaminações, reduzindo possíveis efeitos sobre os invertebrados marinhos ou qualquer outra espécie de origem aquática (GOU et al., 2010).

É de extrema importância a verificação e mensuração dos principais contaminantes aquáticos no meio ambiente, na qual é imprescindível o envolvimento de novas pesquisas, tecnologia e inovações voltadas para a manutenção do equilíbrio dos invertebrados marinhos, preservando não somente seu habitat natural, mas também o meio biótico como um todo (BIRCH et al., 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados indicam que o uso de biomarcadores no monitoramento ambiental é de extrema relevância para o meio ambiente.

O uso de biomarcadores é de extrema importância para estudos epidemiológicos e ambientais, na qual buscam relações que podem ser importantes para pesquisas voltadas para o meio ambiente. E com base nestas informações, os biomarcadores mostraram-se satisfatórios na identificação e exposição de substâncias tóxicas e nocivas para diversas espécies, onde foi possível verificar os principais efeitos na saúde de indivíduos e do próprio meio ambiente.

Ademais, há grande importância no estudo e aprofundamento da pesquisa no que tange o uso de biomarcadores em ambientes aquáticos e os impactos da presença de substâncias que podem prejudicar espécies, e da preservação e monitoramento de regiões costeiras, que influenciam não somente no ecossistema, mas também o meio ambiente como um todo.

Não somente as regiões costeiras, mas também os invertebrados marinhos podem sofrer com a contaminação aquática, seja por ação humana, ou pela presença de substâncias tóxicas que comprometem não somente a saúde das espécies, mas também seu habitat natural, prejudicando seu desenvolvimento e crescimento ao longo dos anos.

A partir dessa discussão, pode-se propor, para estudos futuros, a realização de outras pesquisas relativas ao tema, a fim de explorar bem a temática sobre o uso de biomarcadores em ambientes aquáticos e o monitoramento ambiental em regiões costeiras, e propor também novos estudos e treinamentos sobre a preservação do meio ambiente a importância de conhecer melhor cada bioma, entendendo as necessidades que cada região pode sofrer e buscar propor melhores condições de vida das espécies ambientais que sofrem cada dia mais com a ação humana.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, S. M. *Biological indicators of aquatic ecosystem stress*. **Americas Fishers Society**, v. 3, n.1, p. 104-112, 2002.
- AKAISHI, F. M. et al. *Morphological and neurotoxicological findings in tropical freshwater fish (Atyanax sp.) after waterborne and acute exposure to water soluble fraction (WSF) of crude oil*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 244-253, 2004.
- ALBINATI, A.C.L.; et al. Toxicidade aguda do herbicida *Roundup®* para piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.8, n.3, p.184-192, 2007.
- ALBINATI, A. C. L. et al. Biomarcadores histológicos – toxicidade crônica pelo Roundup em piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 621-627, 2009.
- ARIAS, A. R. L; et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p 61-72, 2007.
- BIRCH, G.F., et al. 2015. *Emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, a food additive and pesticides) in waters of Sydney estuary, Austrália*. **Mar. Pollut. Bull.**, v 97, pp 56–66, 2015.
- BONACCI, S.; et al. *Biomonitoring aquatic environmental quality in a marine protected area: a biomarker approach*. **Ambio**, v. 36, n 4, p. 308-315, 2007.
- CANRIGHT, C. *Shifting baselines*. **California Coast & Ocean**, v. 22, n 3, p. 9-12, 2006.
- CARRILHO, C. D. **Identificação e valoração econômica e sociocultural dos serviços ecossistêmicos da Baía do Araçá, São Sebastião, SP, Brasil**. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - USP, 2016.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2005.
- COIMBRA, R. S. C. Biomarcadores como ferramentas na avaliação da qualidade do pescado contaminado com metais traço. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 7 n. 1, p. 153-172, jan. / jun. 2013.

CHEN, H., et al. *Effects of fluoxetine on behavior, antioxidant enzyme systems, and multixenobiotic resistance in the Asian clam Corbicula fluminea*. **Chemosphere**, v. 119, n.1, p 856–862, jan. 2015.

FENT, K. *Ecotoxicological effects at contaminated sites*. **Toxicology**, v. 205, n. 3, p. 223-240, 2004.

FERRREIRA, M.S.; et al. Contaminação por metais traços em mexilhões Perna perna da costa brasileira. **Ciência Rural**: Santa Maria, v.43, n.6, p.1012-1020, 2013.

FILHO, et al. Avaliação de biomarcadores histológicos em peixes coletados a montante e a jusante da mancha urbana. **Asa**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 9-22, abr. 2014.

GAVRILESCU, M. et al. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. **New Biotechnology**, v. 32, n. 1, p. 147–156, jan. 2015.

GOU, J.; et al. Effect of high pressure processing on the quality of squid (*Todarodes pacificus*) during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v.119, n. 2, p. 471-476, mar. 2010.

GOWLAND, B. T. G.; et al. *Implications from a field study regarding the relationship between polycyclic aromatic hydrocarbons and glutathione S-transferase activity in mussels*. **Marine Environmental Research**, v.54, p.231-235, set/dez. 2002.

GRISÓLIA, C. K. **Agrotóxicos: mutações, câncer & reprodução**. Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

JACOBSON, M. **Atmospheric pollution**. Cambridge University Press, London, 2000.

JONES, O. A. H. et al. *Potential impact of pharmaceuticals on environmental health*. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 81, n. 10, p. 769-769, nov. 2003.

KAY, D.; et al. *Results of field investigations into the impact of intermittent sewage discharges on the microbiological quality of wild mussels (*Mytilus edulis*) in a tidal estuary*. **Water Research**, v.41, n. 12, p.3033- 3046, jun. 2008.

LIVINGSTONE, D. R. **Biotechnology and pollution monitoring: use of molecular biomarkers in the aquatic environmental**. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* v. 57, n. 3, p 195-211, 1993.

MAGALHAES, D. P.; FILHO, A. S. F. **A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos**. *Oecol. Bras.* v.12, n.1, p 355-381, 2008.

MATIAS, L. Q.; et al. 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v.17, n. 4, p.623-631, dez. 2003.

MARTINS, R. J. E. **Acumulação e libertação de metais pesados por brióftas aquáticas**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2004.

MILAN, M., et al. *Gene transcription and biomarker responses in the clam *Ruditapes philippinarum* after exposure to ibuprofen*. **Aqua Toxicol.** v. 126, n.1 p. 17 - 29, jan. 2013.

MIRON, D. S.; et al. *Ammonia and pH effects on some metabolic parameters and gill histology of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Heptapteridae)*. **Aquaculture**, v. 277, n. 3/4, p. 192-196, jun. 2008.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2007.

OLIVEIRA, D. P.; KUMMROW, F. **Poluentes da Atmosfera**. In: OGA, S.; et al. Fundamentos de Toxicologia. São Paulo: 3 ed, Atheneu, 2008.

OLIVEIRA, J.; et al. *Microbial contamination and purification of bivalve shellfish: Crucial aspects in monitoring and future perspectives – A minireview*. **Food Control**, v. 22, n. 6, p. 805-816, jun. 2011.

OYAKAWA, O. T.; et al. **Peixes de Riachos da Mata Atlântica: nas Unidades de Conservação do Vale do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo**. Neotrópica, 2006.

PEREIRA, C. C.; et al. Percepção e sensibilização ambiental como instrumentos à educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 86-106, jan. 2013.

SARKAR, A., et al. *Molecular Biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring*. **Ecotoxicology**, v. 15, n. 4, p. 333-340, jun. 2006.

SOUZA, L. O; COSTA, J. M; OLDRINI, B. B. Odonata. In: FROENLICH, C. G.(Org). **Identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo**, 2007.

SOUSA, D. B. P.; et al. Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. Belo Horizonte, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 369-376, Apr. 2013.

SODRÉ, F. F; GRASSI, M. T. *Changes in copper speciation and geochemical fate in freshwaters following sewage discharges*; **Water Air Soil Poll**; v. 178, n. 1, p. 103-112, jun. 2007.

STUDINSKI, J. M; GRUBBS, S. A. *Environmental factors affecting the distribution of aquatic invertebrates in temporary ponds in Mammoth Cave National Park Kentucky. USA, Hidrobiologia*, v. 575, n.1, p. 211-220, out. 2007.

VEIGA, M. M. et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cad. Saúde Pública**. v. 22, n. 11, p. 2391-2399, nov. 2006.

WALKER, C., H., et al. **Principles of ecotoxicology**. 2ª ed. *Taylor & Francis*. 2004.

WEPENER, V. **Active Biomonitoring**. In: In: FÉRARD, Jean-François & Christian Blaise (editors). *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology*. **Springer Reference**, 2013.

World Health Organization. **Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates**. Geneva: World Health Organization; 2017.

ZANELLO, S.; et al. *Mineralogy and chromium, nickel, copper, zinc and lead contents around Caximba landfi II in Curitiba-PR*. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 51-60, fev. 2008.