

Peixes como bioindicadores de agrotóxicos em ambientes aquáticos

Fishes as bioindicators of pesticides in aquatic environments

Peixes como bioindicadores de agrotóxicos en ambientes acuáticos

Natasha Ulhiana Ferreira Ribeiro

Engenheira Ambiental, Ilha Solteira/SP, Brasil.
natasha_ul@yahoo.com.br

Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro

Professora Doutora, Universidade Brasil (UNIVBRASIL), Brasil.
americo.ju@gmail.com

RESUMO

Os agrotóxicos são substâncias químicas amplamente utilizadas na agricultura e geram impactos negativos ao meio aquático e nos seres vivos que ali vivem. O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma revisão bibliográfica a respeito da toxicidade desses produtos sobre os peixes, ressaltando os principais efeitos observados. Devido aos peixes possuírem grande diversidade ecológica e capacidade de adaptação a diversos habitats, além de estar no topo da cadeia alimentar aquática, são importantes bioindicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos através de testes de toxicidade. Normas da CETESB e da ABNT são utilizadas para a padronização dos ensaios ecotoxicológicos, sendo que a última cita as espécies *Pimephales promelas* e *Danio rerio* como organismos-teste dos ensaios. Assim, destaca-se a importância dos testes de toxicidade realizados com peixes para avaliar a qualidade aquática dos corpos d'água.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade. *Danio rerio*. *Pimephales promelas*

ABSTRACT

Pesticides are chemicals widely used in agriculture and generate negative impacts on the aquatic environment and living beings. The present work aimed to carry out a literature review about the toxicity of these products on fishes, emphasizing the main effects observed. Due to high ecological diversity and adaptability of fishes to diverse habitats in addition to being at the top of the aquatic food chain, they are important bioindicators of the aquatic ecosystems quality through toxicity tests. CETESB and ABNT standards are used for the standardization of the ecotoxicological tests, and cite the species *Pimephales promelas* and *Danio rerio* as test organisms for the ecotoxicological tests. Therefore, the importance of toxicity tests performed with fish to evaluate the aquatic quality of water bodies is highlighted.

KEYWORDS: Toxicity. Bioindicators. *Danio rerio*. *Pimephales promelas*

RESUMEN

Los agrotóxicos son sustancias químicas ampliamente utilizadas en la agricultura y generan impactos negativos al medio acuático y en los seres vivos que allí viven. El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una revisión bibliográfica acerca de la toxicidad de esos productos sobre los peces, resaltando los principales efectos observados. Debido a que los peces tienen gran diversidad ecológica y capacidad de adaptación a diversos hábitats, además de estar en la cima de la cadena alimentaria acuática, son importantes bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos a través de pruebas de toxicidad. Las normas de la CETESB y de la ABNT se utilizan para la estandarización de los ensayos ecotoxicológicos, siendo que la última cita las especies *Pimephales promelas* y *Danio rerio* como organismos-prueba de los ensayos. Así, se destaca la importancia de las pruebas de toxicidad realizadas con peces para evaluar la calidad acuática de los cuerpos de agua.

PALABRAS CLAVE: Toxicidad. *Danio rerio*. *Pimephales promelas*

1 INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado de insumos agrícolas e manejo do solo, juntamente com a falta de conscientização humana sobre a importância da proteção dos recursos do solo e da água, aumenta a probabilidade de poluição ambiental. A agricultura é uma das mais importantes fontes difusas de poluição em corpos d'água, porque leva à entrada de compostos químicos, como os metais por meio da aplicação de fertilizantes (Cd, Cr, Pb e Zn), pesticidas (Cu, Pb, Mn e Zn) e conservantes de madeira (Cu e Cr) (LIMA et al., 2018).

Diferentes categorias estão inclusas no termo agrotóxico, como defensivos agrícolas, praguicidas, pesticidas e biocidas, bem como os seus múltiplos usos, que englobam inseticidas, acaricidas, nematicidas, fungicidas, bactericidas e herbicidas (SILVA; CAMPOS; BOHM, 2013). Considerando essa alta diversidade, existem mais de 1600 agrotóxicos com mais de 100 classes químicas, utilizados mundialmente na produção de alimentos, havendo mais de 1700 ingredientes ativos diferentes e mais de 350 derivados de éster e sais usados em formulações de pesticidas (SANTANA; CAVALCANTE, 2016).

A maioria desses compostos são tóxicos tanto para o ser humano quanto para outros animais do ambiente em que se encontram, especialmente os peixes. A sua real periculosidade muitas vezes não é notada por não causarem a morte imediata desses organismos aquáticos. No entanto, a combinação subletal pode afetar diversos processos morfológicos, fisiológicos e metabólicos dos peixes ao penetrarem em seus órgãos (LINS et al., 2010).

Desta forma, em ecossistemas aquáticos, os peixes são considerados bons indicadores da qualidade do meio aquático devido às diferentes posições que ocupam na cadeia alimentar, especialmente peixes piscívoros, frequentemente utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental de ecossistemas. Os bioindicadores são organismos sentinelas que respondem a mudanças em vários níveis estruturais, desde fatores celulares, fisiológicos, bioquímicos, genéticos e histológicos até variações nos padrões de comportamento, que podem afetar a estrutura populacional da espécie em resposta a estressores presentes no ambiente (LIMA et al., 2018).

Apesar de existirem diferentes métodos de avaliação da qualidade ambiental, os mais utilizados atualmente são os de análises químicas e testes de toxicidade utilizando organismos. Assim, a ecotoxicologia tem sido empregada por autores da área para descrever o estudo científico dos efeitos adversos causados aos organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente (COSTA, 2010).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica ressaltando os principais efeitos dos agrotóxicos sobre os peixes devido à contaminação dos ecossistemas aquáticos decorrente do uso desses produtos químicos.

2 AGROTÓXICOS E TOXICOLOGIA

O desenvolvimento das atividades antrópicas e o crescimento populacional geraram, ao longo das últimas décadas, impactos ambientais negativos que afetam os ecossistemas como um todo. Devido às exigências de consumo terem aumentado, iniciou-se uma produção de alimentos muito intensa, que resultou na expansão das monoculturas, eliminando a vegetação natural. Para atender à essa demanda, foi necessário aumentar a produtividade agrícola através do desenvolvimento de produtos que controlassem as pragas que dificultam o desenvolvimento da produção (OLIVEIRA; FAVARETO; ANTUNES, 2013).

De acordo com o Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, define-se agrotóxico como:

Agrotóxicos e afins - produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento (BRASIL, 2002, p. 1).

Como consequência, porém, a aplicação desses produtos afeta também organismos não-alvos (LINS et al. 2010), ou seja, organismos terrestres e aquáticos que não interferem no processo de produção. Organismos não alvos podem assimilar e reter os contaminantes através da absorção direta, absorção indireta (através do alimento contaminado), ou a partir do ambiente, acarretando em efeitos danosos para sua saúde, podendo levá-los à morte. Os efeitos desta contaminação podem ser letais ou subletais, sendo os primeiros aqueles que interferem nos processos celulares do organismo de forma intensa, levando-o à óbito rapidamente, e os segundos aqueles que afetam os processos fisiológicos e comportamentais, sem mortalidade imediata (AMÉRICO et al., 2015).

Para que sejam determinadas as doses letais e subletais dos agrotóxicos sobre os organismos vivos utilizam-se ensaios de toxicidade aguda ou crônica (RAGASSI; AMÉRICO-PINHEIRO; SILVA JÚNIOR, 2017). Os ensaios de toxicidade aguda são aqueles que abrangem somente parte do ciclo de vida do organismo-teste, geralmente avaliando a mortalidade ou imobilidade dos mesmos, influência em reações bioquímicas, metabolismo, entre outros, enquanto os ensaios de toxicidade crônica possuem exposição prolongada, podendo abranger todo o ciclo de vida do organismo-teste. Costumam avaliar parâmetros subletais, como reprodução, deformidade e crescimento (HAMADA, 2008).

Em relação ao grau de toxicidade, obtidos por meio de estudos e ensaios em laboratórios, os agrotóxicos são classificados em quatro categorias de acordo com seu limite de dosagem letal para 50% dos organismos (DL50), que determinam as cores dos rótulos que serão utilizadas para cada classe (Tabela 1) (RAGASSI; AMÉRICO-PINHEIRO; SILVA JÚNIOR, 2017).

Tabela 1: Categorias de agrotóxicos de acordo com sua dosagem letal 50%

Classe Toxicológica	Toxicidade	DL50 (mg/kg)	Faixa Colorida	Exemplos
I	Extremamente tóxico	≤ 5	Vermelha	Clorados e clorofosforados
II	Altamente Tóxico	Entre 5 e 50	Amarela	Carbamatos
III	Medianamente Tóxico	Entre 50 e 500	Azul	Organofosforados
IV	Pouco Tóxico	Entre 500 e 5000	Verde	Piretróides

Fonte: Adaptado de World Health Organization (1990), Nascimento; Melnyk (2016), Ragassi; Américo-Pinheiro; Silva Jr (2017).

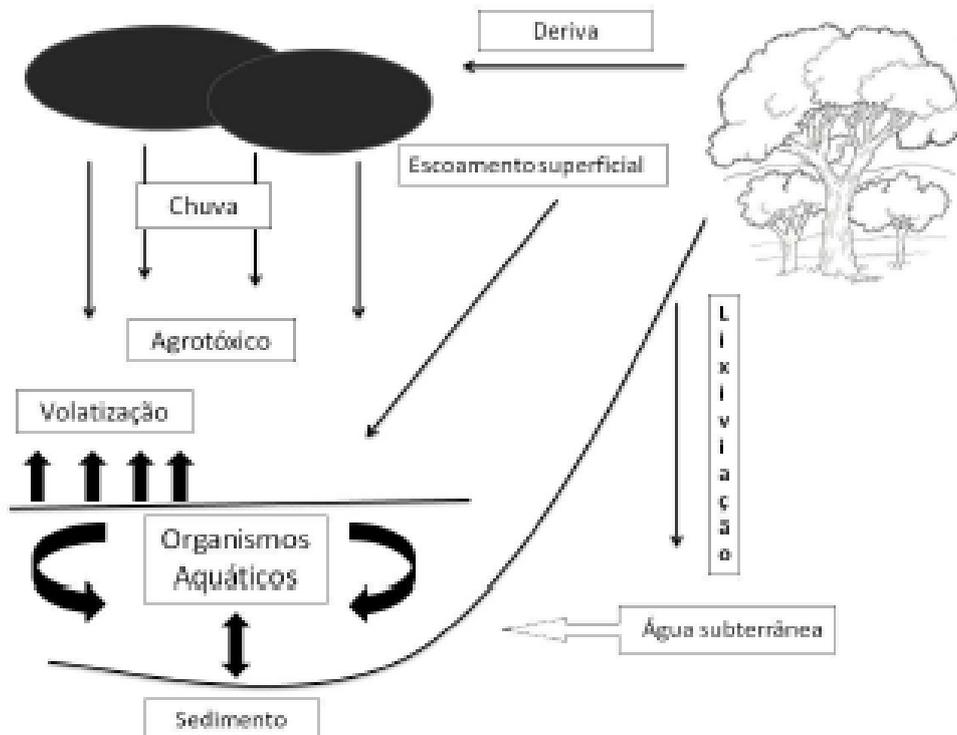
A classe dos organoclorados (altamente tóxicos) são bons exemplos das consequências ambientais dos agrotóxicos, pois mesmo com seu uso limitado pela Portaria nº 329, de 2 de setembro de 1985, permitindo sua utilização somente no controle de formigas (Aldrin) e em campanhas de saúde pública (diclorodifeniltricloroetano – DDT e hexaclorobenzeno – BHC), tem seus efeitos observados até hoje (FLORES et al., 2004). Segundo Lins et al. (2010), resíduos de organoclorados como o aldrin, endrin e DDT são encontrados em peixes amazônicos e em águas fluviais de Viçosa - MG; bifenilas policloradas (PCB), hexaclorociclohexano (HCH), hexaclorobenzeno (HCB) e dodecacloro (Mirex®) são encontrados em peixes provenientes da Bacua do Betari, Vale do Ribeira, SP e na Baixada Santista; e organoclorados são encontrados em golfinhos no litoral paulista, catarinense e paranaense devido à bioacumulação desse tipo de produto.

A bioacumulação é o acúmulo dos compostos químicos ao longo da vida dos organismos aquáticos e tem sido relatada em peixes provenientes de áreas agrícolas, algumas vezes com níveis acima do permitido para consumo humano (SANTANA; CAVALCANTE, 2016).

3.3 ENTRADA DOS AGROTÓXICOS NOS ECOSISTEMAS

Os agrotóxicos são introduzidos nos sistemas aquáticos por diversas formas, tais como a lixiviação, escoamentos superficiais, uso intensivo de forma inadequada, desmatamento de áreas florestais e mata ciliar, que podem levar aos corpos d'água quantidades consideráveis de nutrientes a partir desses produtos (Figura 1) (SILVA; CAMPOS; BOHM, 2013).

Figura 1 – Principais rotas dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos.



Fonte: Silva; Campos; Bohm (2013).

Além disso, os agrotóxicos também podem chegar ao ambiente aquático acidentalmente durante sua fabricação ou, por exemplo, durante aplicações de pesticidas por pulverização aérea, que transporta resíduos dessa substância até corpos d'água próximos. As repetidas aplicações sazonais de pesticidas na agricultura são consideradas as maiores rotas de contaminação de corpos d'água por esses produtos (LANGIANO, 2006).

4 PEIXES COMO BIOINDICADORES

A escolha de um organismo-teste para testes de toxicidade deve ser realizada de acordo com o objetivo do estudo que será desenvolvido, considerando características importantes do ambiente e do próprio organismo. Um bioindicador ideal deve sobreviver em ambientes saudáveis, mas também apresentar relativa resistência ao contaminante que está exposto. Além disso, se o organismo for abundante no ambiente, pode facilitar o desenvolvimento do estudo e a facilidade em adaptar-se aos ensaios laboratoriais (LINS et al., 2010).

Dessa forma, os peixes são considerados eficientes bioindicadores da qualidade aquática por possuírem grande diversidade ecológica, que implica em apresentarem diferentes estilos de vida e habitats durante seu ciclo de vida. Assim, respondem de várias maneiras à contaminação, como por exemplo nas mudanças na taxa de crescimento e na maturação sexual. São

vertebrados aquáticos que possuem corpo sustentado por um esqueleto interno cartilaginoso ou ósseo e que respiram primariamente pelas brânquias. Locomovem-se por natação através das nadadeiras e, geralmente, têm o corpo recoberto por escamas. A temperatura do corpo varia de acordo com o ambiente (ectotérmicos) e são extremamente adaptados ao meio aquático em que vivem. A grande variedade de formas, cores e diferentes tipos de locomoção são um reflexo da sua grande diversidade ecológica (FREITAS; SIQUEIRA-SOUZA, 2009; BEMVENUTI; FISCHER, 2011).

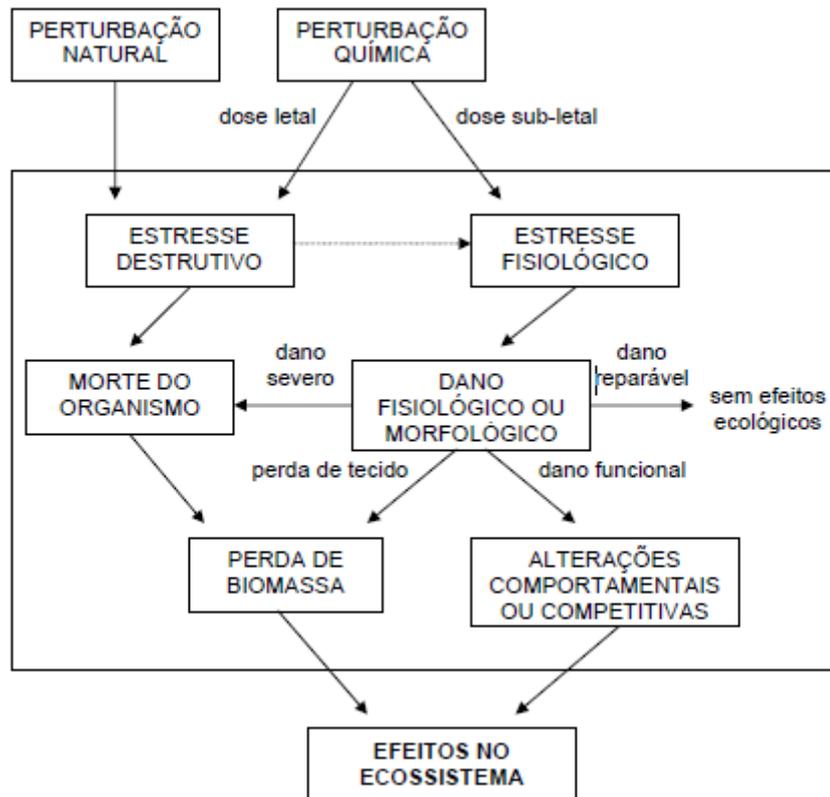
Além disso, organismos pertencentes ao topo da cadeia alimentar, como os peixes, são comumente utilizados por possuírem intrínseca relação com toda a cadeia inferior, indicando respostas de efeitos crônicos, acumulativos e persistentes no nível de cadeia, sendo consequentemente mais vulneráveis quando o agente tóxico atinge o topo da cadeia alimentar pela biomagnificação (LINS et al., 2010; SOARES et al., 2016). Como exemplo, pode-se citar a espécie *Hoplias malabaricus*, popularmente conhecida como traíra, um predador de água doce com ampla distribuição geográfica, que abrange a maioria das bacias hidrográficas da América do Sul, pois a traíra é muito bem adaptada a águas com baixa pressão parcial de oxigênio, graças ao controle das funções cardiorrespiratórias e metabólicas. Essas características permitem que sobrevivam em diferentes habitats e sob condições ambientais adversas, sendo bons indicadores do ambiente onde vivem, principalmente quanto aos efeitos persistentes e acumulativos dos agrotóxicos ao longo da cadeia alimentar (LINS et al., 2010).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) são os órgãos que desenvolvem as normas de padronização dos testes de toxicidade. A ABNT-NBR 15499:2016, por exemplo, normatiza a avaliação dos efeitos crônicos de curta duração em peixes, trazendo na sua metodologia as espécies *Pimephales promelas* e *Danio rerio* (ARENZON et al., 2013; RAGASSI; AMÉRICO-PINHEIRO; SILVA JR, 2017), e a ABNT-NBR 15088:2016 normatiza a avaliação nessas mesmas espécies, porém dos efeitos agudos.

2.4 CONSEQUÊNCIAS DOS AGROTÓXICOS PARA PEIXES

Segundo Weinstein e Birk (1989) apud Meletti (2003), os caminhos das perturbações físicas e químicas que podem levar a alterações no ecossistema e, consequentemente, nos organismos aquáticos, estão representados na Figura 2.

Figura 2 – Caminhos das perturbações físicas e químicas.



Fonte: Weinstein e Birk (1989) apud Meletti (2003).

Meletti (2003) explica que alterações no ecossistema aquático têm início em perturbações no indivíduo, mas que as alterações no ecossistema como um todo resultam da interação entre os indivíduos e o ambiente físico-químico. Os agrotóxicos são uma perturbação química que causam estresses destrutivo e fisiológico nos peixes, levando-os à morte ou a danos em seu organismo, de acordo com a dose do produto (letal ou subletal).

Para realizar os testes de toxicidade aguda, deve-se considerar valores das CL_{50} e a CE_{50} , ou seja, a concentração do agente tóxico que causa mortalidade em 50% dos organismos expostos num período de 24 a 96 horas e a concentração do agente tóxico que causa imobilidade a 50% dos organismos expostos no mesmo intervalo de tempo, respectivamente (MELETTI, 2003). Para peixes, o efeito normalmente é a letalidade, porém o movimento natatório pode ser afetado, seja pela hiperatividade devido à resposta de escape ou pela hipoatividade devido à sua adaptação ao estresse, resultando em menor quantidade de energia para locomoção (SILVA; RAVANELI; PASCHOALATO, 2010).

Uma grande variedade de danos causados pelos agentes tóxicos podem ser observados nos peixes. Alterações histológicas e morfológicas na estrutura óssea, no fígado, nos rins e em outros órgãos, como as brânquias, são alguns deles. São as lesões e necroses em tecidos, porém, que têm sido os principais danos observados em muitas pesquisas (MELETTI, 2003). Lins et al. (2010) corrobora que a histologia é um excelente método de avaliação de bioindicadores de impacto ambiental causado por agrotóxicos sobre os peixes, já que é uma ferramenta sensível para se

diagnosticar os efeitos tóxicos diretos e indiretos que afetam tecidos animais. Entretanto, ainda segundo Lins et al. (2010), é importante ressaltar que a histopatologia não diagnostica contaminação, mas sim a resposta biológica à agressão e ao estresse.

As brânquias dos peixes são um órgão indicador de contaminação ambiental devido ao seu contato direto com o ambiente externo. Muitos trabalhos, por exemplo, indicam que esse órgão é um dos órgãos-alvo do acúmulo de metais pesados nesses organismos, além do fígado, rins, musculatura esquelética, baço, intestino e nadadeiras (MELETTI, 2003; LINS et al., 2010).

De acordo com Lins et al. (2010), o fígado e o rim também são afetados pela presença de agrotóxicos no ecossistema aquático. Há estudos de toxicidade utilizando traíras na região de Ponta Grossa, Paraná, que relatam necroses nos fígados desses peixes, bem como respostas inflamatórias e fibrose hepática; e da hipertrofia celular e congestão renal nos rins de peixes de diversas espécies.

Além disso, agrotóxicos podem bioacumular nos músculos dos peixes, como demonstrou Clasen et al. (2018), ao realizar testes de toxicidade de agrotóxicos na espécie *Cyprinus carpio*. Foram encontradas evidências da bioacumulação do inseticida lambda-cialotrina e do fungicida tebuconazol.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O constante uso de agrotóxicos gerou o aumento do impacto causado em ecossistemas aquáticos, afetando os peixes e outros organismos. Os peixes têm demonstrado grande eficiência quando utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental aquática por pertencerem ao topo da cadeia alimentar e, assim, serem vulneráveis quando o agrotóxico chega a esse nível alimentar. Além disso, demonstram resposta à presença dos agentes tóxicos em diversos órgãos e também por meio de mudanças comportamentais facilmente observáveis. Outra vantagem é sua grande biodiversidade, tornando possível seu uso como organismo-teste em diversos estudos com diferentes objetivos. Destaca-se, portanto, a importância dos testes de toxicidade realizados com peixes para avaliar a qualidade aquática de corpos d'água bem como prever os possíveis efeitos ecotoxicológicos dos agrotóxicos no ecossistema como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15499: Ecotoxicologia aquática: Toxicidade crônica de curta duração: método de ensaio com peixes**. Abr. 2016, Rio de Janeiro.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15088: Ecotoxicologia aquática: Toxicidade aguda – Método de ensaio com peixes (Cyprinidae)**. Dez. 2016, Rio de Janeiro.

AMÉRICO, J. H. P. *et al.* **O uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos**. Revista Científica ANAP Brasil, v. 8, n. 13, p. 101-115. 2015. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/1149>. Acesso em: 24 abr. 2018.

ARENZON, A.; *et al.* **A determinação da toxicidade crônica para peixes baseada apenas na sobrevivência é suficiente?** *Ecotoxicological and Environmental Contamination*, v. 8, n. 2, p. 65-68. 2013. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br//seer/index.php/eec/article/viewFile/4523/2723>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

BRASIL. Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989 - **Decreto n.º 4.074**, de 4 de janeiro de 2002. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Diário Oficial, Brasília; 08 de janeiro de 2002. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/arquivos/decreto-no-4-074-02.pdf/view>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BEMVENUTI, M. A.; FISCHER, L. G. **Peixes: morfologia e adaptações.** *Cadernos de Ecologia Aquática* 5 (2): 31-54, ago – dez 2010. Disponível em: <http://www.academia.edu/2255822/Peixes_Morfologia_e_Adapta%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 15 mai. 2018.

CLASEN, B. *et al.* Bioaccumulation and oxidative stress caused by pesticides in *Cyprinus carpio* reared in a rice-fish system. **Science of the Total Environment** v. 626, p. 737–743. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718301918>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

COSTA, R. N. **Ecotoxicologia como ferramenta para análise da qualidade ambiental do estuário do rio Macaé (Macaé – RJ).** 80 f. 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2010. Disponível em: <<http://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2010/ecotoxicologia-como-ferramenta-para-analise-da-qualidade-ambiental-do-estuario-do-rio-macae-macae-rj>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

FLORES, A. V. *et al.* Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 112-124, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24690.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. **O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da Bacia Amazônica.** *Revista Agrogeoambiental*, v. 1, n. 2, p. 39-45, 2009. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/viewFile/75/73>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

HAMADA, N. **Ensaio de toxicidade empregados na avaliação de efeitos no sistema de tratamento de esgotos e efluentes, ETE Suzano, e seu entorno, utilizando organismos aquáticos.** 2008. 61f Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Tecnologias Nucleares, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-07072009-180736/pt-br.php>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

LANGIANO, V. C. **Toxicidade do Roundup e seus efeitos para o peixe neotropical *Prochilodus lineatus*.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade de Londrina, Londrina, p.63, 2006. Disponível em: <<http://www.uel.br/laboratorios/lefa/dissertacaovivian.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

LIMA, L. B. D. *et al.* **Use of biomarkers to evaluate the ecological risk of xenobiotics associated with agriculture.** *Environmental Pollution* v. 237, p. 611–624. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117342124>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

LINS, J. A. P. N. *et al.* **Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático.** *Rev. Acad., Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 8, n. 4, p. 469-484, out./dez. 2010. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/academica?dd1=4518&dd2=3181&dd3=&dd99=pdf>>; Acesso em: 16 abr. 2018.

MELETTI, P. C. **Avaliação da degradação ambiental por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises hispatológicas em peixes.** 2003. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-02082016-121212/en.php>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

NASCIMENTO, L., MELNYK, A. **A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde.** *Mangaio Acadêmico*, v. 1, n.1, p. 54-61, 2016.

OLIVEIRA, T. G.; FAVARETO, A. P. A.; ANTUNES, P. A. **Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no Oeste Paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos.** IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 375-390. 2013. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/684>. Acesso em: 22 abr. 2018.

RAGASSI, B.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; SILVA JR, O. P. **Ecotoxicidade de agrotóxicos para algas de água doce.** *Revista ANAP Brasil*, v. 10, n. 19 p. 45-55. 2017.

SANTANA, L. M. B.; CAVALCANTE, R. M. Transformações metabólicas de agrotóxicos em peixe: uma revisão. **The Electronic Journal of Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 257 – 268, 2016. Disponível em: <<http://www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/download/856/pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SILVA, B. M.; RAVANELI, M. A. C.; PASCHOALATO, C. F. P. R. Toxicidade aguda dos herbicidas Diuron e Hexazinona à *Danio rerio*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 20, p. 17-28, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/20472/13680>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

SILVA, M. R.; CAMPOS, A. C. E.; BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v.8, n.2, p. 46-58, 2013. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/899>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SOARES, *et al.* Acute and chronic toxicity of the benzoylurea pesticide, lufenuron, in the fish, *Colossoma macropomum*. **Chemosphere** v. 161, p. 412-421. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516309286>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO. *Public health impact of pesticides used in agriculture*, Genebra: World Health Organization, 1990.