

## AGROTÓXICOS E SEUS IMPACTOS SOBRE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS

Marlene Rodrigues da Silva<sup>1</sup>; Ana Caroline Estrope de Campos<sup>2</sup>; Franciele Zanardo Bohm<sup>3</sup>.

### RESUMO

A toxicologia tem como principal objetivo identificar os riscos associados a uma determinada substância e avaliar em quais condições de exposição esses riscos são induzidos. A poluição tem crescido de forma a trazer consequências catastróficas ao ambiente. Testes ecotoxicológicos e bioensaios para monitoramento e avaliação da qualidade da água surgiram no Brasil a partir de 1975. O CONAMA através da Resolução nº 357 mostra quais são as quantidades permitidas de poluentes que cada uma das quatro classes de água comporta para não ser considerado como um recurso hídrico contaminado. O Brasil é maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Os agrotóxicos, por terem menos adesão aos solos, são encontrados com mais facilidade em ambientes aquáticos, principalmente em águas superficiais. Neste trabalho foram abordados, através de revisão bibliográfica, os pontos mais relevantes da dinâmica dos agrotóxicos no meio físico e biológico e os principais impactos ambientais que os agrotóxicos podem causar em ambientes aquáticos continentais. Também quais tipos de poluição os agrotóxicos causam às águas e quais as consequências para os organismos que dependem desse ambiente.

**Palavras-chave:** recursos hídricos; poluentes; ecotoxicologia; biota aquática.

### PESTICIDES AND THEIR IMPACTS FOR CONTINENTAL AQUATIC ECOSYSTEMS

### ABSTRACT

Toxicological studies mainly aims to identify risks associated to a certain substance and evaluate which exposure conditions induce those risks. The increase of pollution brings catastrophic consequences to the environment. Ecotoxicological tests and bioassay to monitor and evaluate the quality of water have been carried out in Brazil since 1975. The CONAMA Resolution nº. 357, shows what are the allowable quantities of pollutants that each of the four classes of water must contains to not be considered a contaminated water source. Brazil is the main consumer of pesticides in the world. Since pesticides have fewer adherence to the soil, they are more easily found in aquatic environments, especially in shallow waters. In this literature review, the most relevant points of the dynamics of pesticides in biological and physical environment; the main environmental impact that pesticides may produce in inland aquatic ecosystems; the kind of pollution that pesticides cause to water and the consequences of that to aquatic organisms were investigated.

**Keywords:** hydric resources; pollutants; ecotoxicology; aquatic biota.

<sup>1</sup>Doutoranda em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – Universidade Estadual de Maringá – Paraná.

<sup>2</sup>Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

<sup>3</sup>Docente na Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari - Paraná.

## INTRODUÇÃO

A qualidade das águas é representada por um conjunto de características, geralmente mensuráveis, de natureza química, física e biológica (1) e, a ciência que estuda essas características e os seus efeitos adversos sobre organismos vivos é a toxicologia (2).

A toxicologia tem como principais objetivos identificar os riscos associados a uma determinada substância e determinar em quais condições de exposição esses riscos são induzidos. Serve também, para proteger os seres vivos e o ambiente dos efeitos deletérios causados pelas substâncias tóxicas e facilitar o desenvolvimento de agentes químicos nocivos mais seletivos, tais como drogas e pesticidas (3).

Estudos mostram que menos de 0,1% da quantidade de agrotóxicos aplicados nas lavouras alcançam os organismos alvos, enquanto o restante 99,9% tem potencial para se mover para outros compartimentos ambientais, tais como águas superficiais e subterrâneas (4). O impacto por agrotóxicos na qualidade da água subterrânea, por exemplo, tem sido assunto relevante e de discussão em todo o mundo (5).

O Brasil é o terceiro maior consumidor de agrotóxicos do mundo e o primeiro na América Latina, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), devido ao grande aumento no cultivo de monoculturas (6). Mesmo em concentrações baixas, muitas vezes, os agrotóxicos afetam a estrutura e a função das comunidades naturais, provocando impactos em múltiplos níveis, que vão desde o molecular até o de comunidades inteiras, comprovando que as práticas agrícolas intensivas são altamente impactantes ao ambiente e estão diretamente relacionadas à redução da biodiversidade (7).

As regiões Sudeste e Sul são as que mais utilizam agrotóxicos no Brasil, sendo cerca de 38,9% e 31,2%, respectivamente do montante usado no país todo. O estado do Paraná utiliza aproximadamente 16,2% de agrotóxicos no Brasil (8).

Os ambientes aquáticos estão vulneráveis a substâncias químicas, sendo essa vulnerabilidade dependente das propriedades físicas e químicas dos contaminantes e dos produtos resultantes de sua transformação; da concentração dos

contaminantes no ecossistema; da duração e do tipo de descarga dos contaminantes (pontuais ou difusas); das propriedades do ecossistema que lhes permitem resistir às alterações resultantes da presença dos contaminantes, como a capacidade tampão e a concentração de matéria orgânica dissolvida; da localização do ecossistema em relação ao sítio de lançamento dos contaminantes; da capacidade da biota armazenar a substância e biotransformá-la (9,10) em um ou mais compartimentos do organismo.

Os efeitos deletérios ocasionados pela ação dos contaminantes nos organismos, especialmente aquáticos, se propagam pelos demais componentes dos ecossistemas. Esses efeitos podem provocar modificações nas características e dinâmica das populações (reprodução, migração, restabelecimento e mortalidade), na estrutura e função das comunidades (alteração na diversidade de espécies, modificações na relação predador-presa) e na função do ecossistema (alterações nos processos de respiração e fotossíntese e, no fluxo de nutrientes) (3).

Tendo em vista a complexidade e por sua vez, a vulnerabilidade dos sistemas aquáticos frente aos diversos agentes químicos agrícolas existentes, este trabalho visa, apontar a importância da ecotoxicologia na prevenção e diagnóstico dos contaminantes químicos ambientais, abordar os pontos mais relevantes da dinâmica dos agrotóxicos no meio físico e biológico, os principais impactos ambientais que os agrotóxicos podem causar em ambientes aquáticos continentais e mostrar as principais consequências da contaminação que os agrotóxicos causam para os organismos.

### O Papel da Ecotoxicologia

O termo ecotoxicologia foi sugerido pela primeira vez por René Truhaut (11), o qual a definiu como ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem (3).

Neste sentido, a ecotoxicologia vem de encontro ao enfrentamento dos problemas de contaminação dos corpos d'água. Seus instrumentos de análise são capazes de responder preditivamente à toxicidade de

compostos, sinalizando os potenciais ecotoxicológicos e seus mecanismos de ação em organismos vivos (3).

Os testes ecotoxicológicos, ou bioensaios, para monitoramento e avaliação da qualidade da água surgiram no Brasil a partir de 1975, onde foram desenvolvidos e adaptados vários métodos de ensaios de toxicidade aguda e crônica, de curta duração utilizando alguns grupos e espécies de organismos aquáticos (12). Na década de 80, as agências ambientais, principalmente nos EUA e Europa, começaram a desenvolver protocolos padronizados de testes de toxicidade utilizando organismos aquáticos (13). Esses procedimentos deram suporte para a implantação de programas de controle da poluição, incluindo padrões de qualidade de efluentes industriais assim como requerimentos para a fixação de padrões de qualidade da água para todos os contaminantes de águas superficiais (14).

#### **Produção Agrícola e a Contaminação dos Recursos Hídricos**

O modelo de produção agrícola mundial baseado na utilização de agrotóxicos para aumento da produtividade agrícola tem como resultado uma série de consequências adversas à saúde humana e ao ambiente, que na maioria das vezes ultrapassam as vantagens associadas a seu ganho de produtividade (15).

O Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002 (16), classifica os agrotóxicos e afins como 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, 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. O termo agrotóxico engloba as diferentes categorias (defensivos agrícolas, praguicidas, pesticidas e biocidas) e seus múltiplos usos (inseticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, bactericidas e herbicidas).

Os agrotóxicos são considerados os contaminantes aquáticos mais graves

decorrentes das atividades antropogênicas, justamente pelo fato de serem desenvolvidos para eliminar formas de vida e, dessa maneira atingirem também, de modo letal, espécies não-alvo (17).

O risco que uma determinada substância oferece ao ambiente é o resultado do julgamento de sua periculosidade em função da exposição (18). Spadotto et al. (19), afirmam que planos de monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos podem cumprir seu papel desde que não sejam apenas uma coleção de dados, mas trabalhos sistemáticos, dirigidos com objetivos claros e factíveis. Portanto, a avaliação de risco ambiental pode ser utilizada para agrotóxicos, herbicidas aquáticos, produtos químicos e biotecnológicos e efluentes líquidos industriais que são lançados diretamente nos rios ou aplicados no ambiente e que podem atingir o curso d'água (20). Para tal avaliação é necessário conhecer os efeitos que um determinado agrotóxico oferece ao ambiente. Estes efeitos dependem intrinsecamente da sua ecotoxicidade a organismos terrestres e aquáticos e, em um sentido mais amplo, também da sua toxicidade ao ser humano. Além disso, dependem diretamente das concentrações atingidas nos diferentes compartimentos ambientais (solo, água, planta e atmosfera) que, por sua vez, dependem do modo e das condições de aplicação, da quantidade ou dose usada e do comportamento e destino do agrotóxico no meio ambiente (19).

Uma vez no ambiente, os contaminantes estão sujeitos a combinações de processos que podem afetar o seu destino e comportamento, pois qualquer substância potencialmente tóxica pode ser degradada por processos abióticos e bióticos que ocorrem na natureza (3). A transferência de moléculas de agrotóxicos dos ecossistemas terrestres para os aquáticos é uma dinâmica constante, sobretudo em áreas agrícolas, devido ao uso de quantidades elevadas, de tipos diferentes de princípios ativos por área, às altas taxas de erosão do solo (21, 22) e principalmente, por esses produtos terem baixa adesão ao solo. Segundo Hatfield (23), a poluição oriunda da atividade agrícola é considerada do tipo difusa, de difícil identificação, monitoramento e, conseqüentemente, controle.

Os agrotóxicos podem alcançar o ambiente aquático de várias formas, tais como a lixiviação, escoamentos superficiais, uso

intensivo desses produtos de forma inadequada, o desmatamento de áreas florestais e também da mata ciliar, dentre outras (24). Essas informações corroboram com os dados de Silva et al. (25), que estudaram a distribuição de alguns fungicidas (2,4-D, dicloreto de paraquate, clomazona, propanil, quincloraque, bispiribaque-sódico e metsulfuron-metílico) e inseticidas (carbofurano, permetrina, fipronil e paration-metilico) em diferentes compartimentos ambientais na cultura de arroz e concluíram que a água foi o compartimento ambiental que apresentou maior vulnerabilidade na preferência de distribuição dos pesticidas.

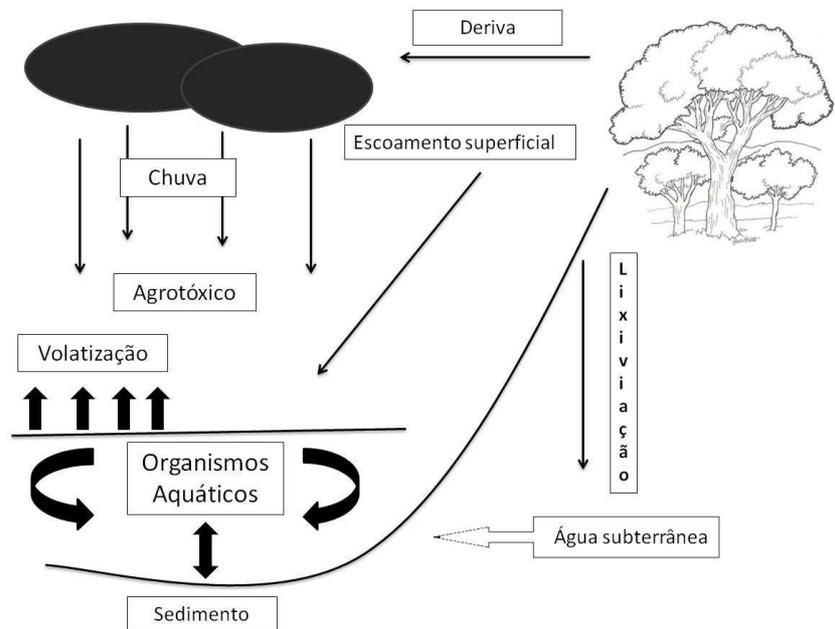
Os agrotóxicos presentes em corpos d'água podem penetrar nos organismos aquáticos através de diversas portas de entrada (exposição dérmica - superfície do corpo, principalmente pelas brânquias e oral - ingestão da água e de alimentos contaminados) (24) e seu grau de acumulação depende do tipo de cadeia alimentar (que pode concentrar estes produtos até 1000 vezes nos elos subsequentes da cadeia) (26), da disponibilidade e persistência do contaminante na água e, especialmente de suas características físicas e químicas (24).

Dependendo das características físico-químicas o resíduo do agrotóxico, no ambiente aquático, pode tanto se ligar ao material particulado em suspensão, se depositar no sedimento ou ser absorvido pelos organismos. Eles podem ser transportados por difusão nas correntes de água ou nos corpos dos organismos aquáticos. Alguns tipos de agrotóxicos podem retornar à atmosfera por volatilização (evaporação). Assim, características físico-químicas da água mostram a interação entre os agrotóxicos, os sedimentos e a água (Figura 1) (24).

Com o manejo do solo para a agricultura, as moléculas de agrotóxicos são levadas do meio terrestre para o aquático com mais facilidade, poluindo cada vez mais o ambiente e comprometendo a qualidade da água (21).

A contaminação ambiental múltipla por agrotóxicos também é bastante frequente e ocorre quando se é exposto a misturas de agentes tóxicos. Esse tipo de mistura possui muitas vantagens quando comparado com a aplicação de um único produto, pois oferece maior eficiência, uma menor quantidade é aplicada sem diminuir a eficiência do produto e também a diminuição dos custos é grande

(24). Entretanto, efeitos adversos (aditivos ou sinérgicos) podem ser produzidos no meio exposto à combinações de agentes tóxicos, bem como sobre os organismos.



**Figura1:** Esquema mostrando as principais rotas dos agrotóxicos em ecossistemas aquáticos (24)

Atualmente agricultores utilizam em suas plantações principalmente dois tipos de agrotóxicos, os organofosforados (ésteres fosfóricos) e os carbamatos, devido estes terem efeitos inibidores da enzima acetilcolinesterase que é responsável pela transmissão nervosa, tanto em insetos quanto em mamíferos (15), características que lhes conferem vantagem logística e econômica quando da sua aplicação.

A técnica de aplicação do agrotóxico é de suma importância para que se tenha o resultado esperado. De acordo com dados da Embrapa (27), o rótulo de um produto é a única forma de informação e comunicação com o agricultor, nele contém informações necessárias para o seu manuseio e utilização. Como por exemplo, o alvo que o produto irá atingir; as culturas que ele deve ser aplicado e a dosagem correta; informa também qual seu nível toxicológico; se ele deve ser utilizado no pré-plantio, pré-emergência ou pós-emergência; entre outros.

Segundo recomendações da Portaria Interministerial MA/MF nº 220 de 14/03/79, a padronização da rotulagem dos agrotóxicos orienta o agricultor de forma segura através de sua visualização o seu grau de toxidez. A rotulagem foi padronizada pelo Ministério da Agricultura (16) da seguinte forma:

- Classe I: produto altamente tóxico, apresentando tarjeta na cor vermelha;
- Classe II: produto medianamente tóxico, apresentando tarjeta na cor amarela;
- Classe III: produto pouco tóxico, apresentando tarjeta na cor azul;
- Classe IV: produto praticamente não-tóxico, apresentando tarjeta na cor verde.

Conforme recomendações da Embrapa (27), o descarte de resíduos, embalagens vazias e produtos contaminados com agrotóxicos devem ter rígido controle no manuseio e descarte. As embalagens vazias e os equipamentos utilizados devem ser lavados ainda no campo (tríplice lavagem) e, somente aí levados até uma central de recebimento para que possam seguir ao seu destino final para reaproveitamento.

### **Principais Grupos de Agrotóxicos Comercializados no Brasil**

Inúmeros praguicidas são comercializados no Brasil, num montante de aproximadamente 1200 marcas. No Estado do Paraná, 744 do total destas marcas são liberadas para uso, em consequência de uma legislação específica do Estado (28).

A definição semelhante à da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (29) é usada na legislação brasileira para agrotóxico. Para denominar os venenos agrícolas existem diferentes classes de agrotóxicos baseados nos padrões de uso e no tipo de praga a ser controlada. Por exemplo, os inseticidas, acaricidas, fungicidas e herbicidas são agrupados conforme o grupo químico que pertencem, como os organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretróides, biperidílicos, derivados da uréia, fenoxiácidos, dinitroanilinas, triazinas e triazóis, tio e ditiocarbamatos, fenóis e derivados, entre outros (30).

Os agrotóxicos organoclorados, organofosforados, carbamatos e de muitos outros grupos químicos, abrangendo os herbicidas, inseticidas e fungicidas, estão associados a muitos episódios de contaminação ambiental, com destruição da fauna e flora terrestres e aquáticas (31).

Dentre os inseticidas estão os organofosforados, piretróides, carbamatos e organoclorados os mais tóxicos e amplamente usados.

**Organofosforados** - são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico e seus homólogos são um grupo de compostos químicos utilizados em agropecuárias como inseticidas. Esse tipo de agrotóxico tem como função inibir a produção da enzima colinesterase, principalmente a acetilcolinesterase, isso faz com que o nível de acetilcolina aumente. Os principais nomes comerciais de inseticidas tido como exemplo deste grupo são: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron e Rhodiatox. No Brasil, a ocorrência de intoxicações por pesticidas desse grupo continua sendo alta, apesar de seu uso ter diminuído em relação à década de oitenta (32).

A partir da década de 70 os organofosforados foram os pesticidas mais utilizados no mundo. Na Segunda Guerra Mundial foram utilizados como gases. Atualmente os organofosforados e carbamatos são usados na agricultura para o controle de pragas. Esses dois grupos químicos são os que apresentam ação inibidora da colinesterase. Os organofosforados podem ser encontrados na forma de pó, líquidos, spray e diluídos na água ou em querosene (30).

Os organofosforados são considerados inseticidas muito tóxicos para os seres vivos. Nos mamíferos, entre muitos sintomas causados, o mais importante ocorre pela falência dos músculos respiratórios e depressão do sistema nervoso central (33). Mesmo causando tantos danos aos organismos, são considerados agrotóxicos instáveis após o contato e por isso, entram no lugar dos organoclorados (34). A principal razão para o sucesso dos compostos organofosforados como inseticidas é sua forte atividade biológica acoplada com sua relativa instabilidade na biosfera, que se traduz em uma meia-vida em plantas da ordem de 2 até 10 dias (35).

Os organofosforados são muito utilizados para combater insetos sugadores, desfolhadores e alguns rizófagos (34).

O grupo químico dos aminoácidos fosforados, representado pelo glifosato tem sido muito utilizado na agricultura. O glifosato tem a função de vários processos bioquímicos vitais das plantas. Ao ser aplicado na plantação indesejada, o glifosato é transportado por toda a planta via floema, sua morte é lenta, porém, por ser transportado por toda a planta ele a elimina toda, não sobrevivendo nenhuma de suas partes. A forma de degradação do glifosato é feita pelos microorganismos do solo através do processo de clivagem (36).

**Organoclorados** - No ano de 1939, Paul Müller condensou clorobenzeno à preparação de DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) dando origem aos organoclorados. A descoberta das propriedades inseticidas dos organoclorados rendeu ao pesquisador o Prêmio Nobel. O produto era muito eficiente e combatia grandes epidemias, como a do tifo. A partir de 1948 foram desenvolvidos outros tipos de organoclorados e logo suas desvantagens foram sendo descobertas, como por exemplo, a eliminação de insetos neutros, aqueles que não prejudicavam as plantações (37).

Esses praguicidas possuem alta estabilidade quando expostos à luz solar e temperatura ambiente. Os inseticidas clorados, organoclorados e dioxinas sofrem concentrações de 1 para 25.800.000 vezes na cadeia trófica, acumulando-se nos tecidos vegetais e animais, chegando a contaminar o homem e originando vários tipos de câncer (37).

A Agência de Proteção Ambiental Americana proibiu seu uso logo na década de 70, seguido por outros países. No Brasil o uso de organoclorados em agriculturas também foi proibido (37).

**Carbamatos** - Descoberto em 1954 nos Estados Unidos, os carbamatos são derivados do ácido carbâmico. Este praguicida tem o mesmo modo de ação dos organofosforados, tendo como características a alta atividade inseticida, baixa toxicidade em longo prazo e baixa ação residual. Se comparado com os fosforados, sua toxicidade é baixa (são inibidores reversíveis das

colinesterases) e, quanto à persistência no ambiente, são menos persistentes e mais biodegradáveis que os organoclorados (33). Entretanto, têm baixa pressão de vapor e pouca solubilidade em água (38).

As três classes mais comercializadas de N-metil carbamatos são os fenóis, as oximas, e os compostos hidroxiheterocíclicos (39).

**Piretróides** - A síntese dos primeiros piretróides foi realizada no ano de 1949, quando alguns estudiosos tentavam modificar a estrutura química das piretrinas naturais (extraídas das flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium* L.). Após estudos realizados para uma síntese mais simples dos inseticidas piretróides, eles foram introduzidos no mercado no ano de 1976, sendo utilizados para o controle da malária, na agricultura e também para a eliminação de ectoparasitos de pequenos animais. Tendo risco menor de contaminação foram substituindo os organofosforados (34).

Esses praguicidas degradam-se por hidrólise e oxidação. No ambiente sua degradação é feita pelos microorganismos, nos animais sua ação eliminatória é pelo suor e urina, causando apenas alergias no homem (36); entretanto esta resposta imune pode trazer severas complicações em muitos casos (39). São muito eficientes no combate a larvas de dípteros, afídeos, lagartas de lepidópteros e alguns coleópteros (34).

### Processos de Transformação dos Contaminantes nos Ambientes

A degradação de algumas classes de agrotóxicos pode resultar em metabólitos muito mais prejudiciais que o próprio agrotóxico original (40).

Depois da aplicação de um agrotóxico, vários processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos determinam seu comportamento. O destino dos agrotóxicos no ambiente é governado por processos de retenção (adsorção, absorção), de transformação (decomposição, degradação) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial), e por interações desses processos. Além da variedade de processos envolvidos na determinação do destino ambiental desses agentes tóxicos, diferenças nas estruturas e propriedades das substâncias químicas, e nas características e

condições ambientais, podem afetar esses processos (41). Quando já presente no ambiente aquático, alguns fatores bióticos e abióticos podem afetar a toxicidade no produto químico. Berti et al. (42), cita como fator biótico a fisiologia do organismo e como abiótico, as características físico-químicas do local, como a temperatura, o oxigênio dissolvido, o pH, a velocidade da água, dentre outras.

Quando o contaminante está presente no meio aquático, independentemente da sua concentração, os organismos podem apresentar processos de acumulação, chamados de bioconcentração ou bioacumulação, quando o foco é organismo; e biomagnificação quando aborda-se a cadeia trófica (3).

Mesmo em concentrações baixas, os agrotóxicos podem apresentar riscos para muitas espécies, podendo esses efeitos tóxicos serem transferidos para outros organismos da cadeia alimentar (43).

Um entendimento dos processos de retenção, transformação e transporte de herbicidas no ambiente, é essencial para direcionar trabalhos de monitoramento e avaliação de impactos ambientais, nos quais é imprescindível que os atributos e indicadores ambientais de alteração e de impacto sejam conhecidos para que a avaliação seja possível (41).

### **Consequências dos Agrotóxicos para os Organismos Aquáticos**

Invertebrados e peixes podem acumular agrotóxicos em concentrações muito acima daquelas encontradas nas águas nas quais eles vivem, pois estes compostos se ligam ao material particulado em suspensão e são ingeridos pelos organismos (44).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (45) realiza desde 1992, ensaios ecotoxicológicos com organismos aquáticos, objetivando o aprimoramento das informações referentes à qualidade das águas. Esses ensaios consistem na determinação de efeitos tóxicos causados por um ou por uma mistura de agentes químicos, sendo tais efeitos detectados por respostas fisiológicas de organismos aquáticos.

Dentre os efeitos bioquímicos e fisiológicos provocados pelos agentes tóxicos pode-se destacar: modificações na

permeabilidade das membranas celulares; interferência na produção de ATP; inibição de enzimas; distúrbios no metabolismo de lipídios; alterações nos sistemas enzimáticos microsomais, os quais são responsáveis pela biotransformação de agentes tóxicos; alteração na estrutura ou na atividade de enzimas que participam de processos reguladores, comprometendo a síntese e liberação de hormônios, bem como reduzindo a velocidade de crescimento dos organismos; distúrbios no metabolismo de carboidratos e distúrbios no processo respiratório pela inibição do transporte de elétrons e da fosforilação oxidativa (3).

A poluição da água provocada por agrotóxico ou fertilizante é um problema para 16,2% dos municípios brasileiros, o que representa 901 municípios, sendo o uso de agrotóxicos e fertilizantes a segunda causa de contaminação da água no país, conforme aponta o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (46), só perdendo para o despejo de esgoto doméstico.

A presença de agrotóxicos nos mananciais pode trazer dificuldades para o tratamento da água em virtude da necessidade de tecnologias mais complexas do que aquelas normalmente usadas para a potabilização (47). Os métodos analíticos tradicionais capazes de avaliar agrotóxicos organofosforados e carbamatos em água são realizados por cromatografia gasosa, cromatografia líquida de alta performance ou espectrofotometria de massa (48). Esses métodos de análise exigem mão-de-obra especializada e apresentam alto custo operacional, o que torna inviável sua aplicação em larga escala (49).

Em virtude do curto ciclo de vida das espécies de algas que compõem o fitoplâncton e o perifíton, esses organismos respondem prontamente às alterações ambientais, funcionando como sensores confiáveis da qualidade da água e de seu estado trófico (50), podendo ainda ser utilizada como indicador de poluição por agrotóxicos ou metais pesados em reservatórios utilizados para abastecimento (51,52).

A comunidade zooplânctônica (protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodos, os grupos dominantes no ambiente de água doce), vem sendo avaliada como indicadora da qualidade da água de lagos e reservatórios em diversos países,

especialmente no monitoramento do processo de eutrofização (53), e como organismo teste na avaliação de toxicidade (54).

Arauco et al. (54), estudaram a toxicidade aguda e crônica de inseticidas organofosforados e a base de cobre em três espécies de microcrustáceos do gênero *Daphnia* (*D. similis*, *D. magna* e *D. laevis*) e evidenciaram que o inseticida organofosforado (Triclorfon) é mais tóxico que o sulfato de cobre para as três espécies, embora as espécies (*D. similis* e *D. magna*) também tenham apresentado sensibilidade significativa ao sulfato de cobre, evidenciando a importância destes inseticidas sobre estas populações em pauta.

A comunidade bentônica caracteriza-se por habitar o sedimento (55) e sofre direta ou indiretamente a influência de todos os processos (biológicos, físicos e químicos) que ocorrem em um ecossistema aquático. Portanto, essa comunidade tem sido sistematicamente utilizada em redes de biomonitoramento em vários países, porque ocorrem em todo tipo de ecossistema aquático, exibem ampla variedade de tolerâncias a vários graus e tipos de poluição, têm baixa mobilidade e estão continuamente sujeitas às alterações de qualidade do ambiente aquático (52).

O efeito que um agrotóxico, ou a combinação destes, podem causar aos organismos, irá depender da concentração utilizada e também do tempo em que estes ficaram expostos no ambiente. Muitas dessas substâncias, como descrito acima, podem ser tóxicas aos organismos de diferentes grupos taxonômicos. A bioacumulação de certas substâncias nos organismos podem se tornar agentes mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos, prejudicando e comprometendo a diversidade de espécies, pois afeta a reprodução de muitas delas (19). Estas informações vem de encontro com dados levantados por Rodrigues et al. (56), que estudaram o padrão da distribuição genética da enzima  $\alpha$ -esterase em drosophilídeos em duas áreas distintas de influência de agrotóxicos e encontraram que o ecossistema agrícola apresenta influência direta na estrutura genética das comunidades de drosophilídeos.

São poucos os estudos realizados no Brasil fazendo inferências aos efeitos que os diferentes agrotóxicos podem causar em peixes. O estudo realizado por Golombieski et

al. (57), buscou analisar a atividade da acetilcolinesterase (AChE) em cérebro e músculo de duas espécies de peixes (*Cyprinus carpio* e *Aristichthys nobilis*) expostos ao azimsulfuron e metsulfuron-metil em culturas de arroz e verificaram que o azimsulfuron inibe significativamente a AChE e metsulfuron-metil aumenta a atividade da AChE, ambos em cérebros e músculos das duas espécies. Entretanto, esses agrotóxicos não interferiram nos comportamentos de alimentação e natação das espécies. Já Arias et al. (58) ao estudarem o efeito dos agrotóxicos organofosforados e carbamatos em duas espécies de peixes ciclídeos (*Geophagus brasiliensis* e *Oreochromis niloticus*), como bioindicadores na bacia do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro (municípios de Barra Mansa e Paty dos Alferes e o rio Guandu), observaram que tanto a nível individual (fator de condição) como a nível molecular (atividade da enzima AChE), ambas as espécies apresentaram diferenças nas respostas frente à poluição aquática em diferentes níveis de organização, sendo menor a condição e também a atividade enzimática nos locais mais poluídos. Henarez et al. (59) estudaram a ação em diferentes concentrações do herbicida Diquat no fígado e brânquias do peixe *Leporinus macrocephalus* – piauçu e concluíram que embora em concentrações elevadas hajam lesões celulares em ambos os órgãos, essas são reversíveis. Em uma pesquisa mais recente (60), feita com a espécie *Piaractus mesopotamicus*, pacu, cujo objetivo era avaliar os efeitos da toxicidade aguda e subletal do endossulfan através de análise anatomohistopatológica, ficou comprovado que os peixes apresentam lesões danosas em órgãos vitais como o fígado, mesmo quando expostos a baixas concentrações do pesticida.

As situações citadas acima são estudos isolados que não representam a diversidade de peixes nos ambientes aquáticos brasileiros, menos ainda a dimensão de áreas afetadas com agrotóxicos. Além do mais, sabe-se que muitos seres vivos (indicadores biológicos) são úteis devido a sua especificidade a certos tipos de impacto. Entretanto, inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros.

Portanto, estudos ainda são necessários para diagnosticar quanto e em que situações os diferentes agrotóxicos comercializados no Brasil, podem interferir nas comunidades ícticas.

Estudos sobre os efeitos dos agrotóxicos em anfíbios se deve ao declínio desse grupo em escala mundial. Neste sentido, trabalhos que revelam os efeitos dessas substâncias na fauna de anfíbios, estão concentrados na América do Norte, especialmente nos Estados Unidos. Entretanto, a totalidade dos estudos já realizados é unânime em afirmar que os herbicidas, pesticidas, inseticidas e os fertilizantes causam graves efeitos diretos (comportamentais, retardo no crescimento e desenvolvimento larval, má formações, distúrbios hormonais, maior suscetibilidade a doenças infecciosas e letalidade) e indiretos (via cadeia alimentar) às comunidades de anfíbios, tanto em adultos quanto em fases jovens (61-62-63-64). No Brasil pouca ou nenhuma informação existe a respeito dos efeitos dos agrotóxicos sobre a fauna de

anfíbios, necessitando urgente o desenvolvimento de pesquisas que avaliem os reais efeitos desses agentes químicos sobre a fauna brasileira (65).

## AGRADECIMENTOS

Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari-PR, pelo incentivo e apoio.

**Marlene Rodrigues da Silva.**

*Endereço para correspondência: Rua Everest, 68 – Jardim Imperial II; Maringá – PR; CEP: 87023-037; (44) 3263-4967; marleners@ibest.com.br.*

Recebido em 09/11/2010

Revisado em 06/11/2012

Aceito em 25/06/2013

## REFERÊNCIAS

### (1) QUALIDADE DA ÁGUA.

Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-agua.asp>. Acesso em: 17 out. 2012.

(2) DEKANT, W.; VAMVAKAS, S.; ANDERS, M.W. Formation and fate of nephrotoxic and cytotoxic glutathione S-conjugates: cysteine conjugate b-lyase pathway. **Advances in Pharmacology**, v. 27, p. 115 -162, 1994.

(3) COSTA, C.R.; OLIVI, P. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de Avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

(4) SABIK, H.; JEANNOT, R.; RONDEAU, B. Multiresidue methods using solid-phase, extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. **Journal of Chromatography A**, v. 885, p. 217-236, 2000.

(5) LANCHOTE, V.F.; BONATO, P.S.; CERDEIRA, A.L.; SANTOS, N.A. G.; CARVALHO, D.; GOMES, M.A. HPLC screening and GC-MS confirmation of triazine herbicides residues in drinking water from sugar cane area in Brazil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 118, p. 329-337, 2000.

- (6) BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Assistência à Saúde. **Anvisa divulga resultado do monitoramento de agrotóxico em alimentos.** Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2010.
- (7) GRISOLIA, C.K. **Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução.** Brasília: UNB, 2005.
- (8) AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO ESTADO DO PARANÁ. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/articulo.php?storyid=18771>. Acesso em: 17 out. 2012.
- (9) AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. (org) - **As bases toxicológicas da ecotoxicologia.** São Carlos – SP: Editora Rima, 2003.
- (10) MOZETO, A.A.; ZAGATTO, P.A. Introdução de agentes químicos no ambiente. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (org.). **Ecotoxicologia aquática – Princípios e Aplicações.** São Carlos: Editora RiMa, p. 464, 2006.
- (11) TRUHAUT, R. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 1, p. 151-173, 1977.
- (12) ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática – Princípios e Aplicações.** São Carlos: Editora Rima, 2006.
- (13) USEPA. United State Environmental Protection Agency. EPA 712- C-96-114.OPPTS 850.1010. **Aquatic invertebrate toxicity test, freshwater daphnids: ecological effects test guidelines.** Washington. USA. 1996.
- (14) USEPA. United State Environmental Protection Agency. **Technical Support Document for Water Quality-Based Toxic Control.** EPA-Washington D.C., 135 p., 1984.
- (15) VEIGA, M.M.; SILVA, D.M.; VEIGA, L.B.E.; FARIA, M.V.C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 22, n. 22, p. 2391-2399, 2006.
- (16) BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 4.074, de 04 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, e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 8 de jan. 2002. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 02 set. 2010.
- (17) GRISOLIA, C.K. **Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução.** Brasília: UNB, 2005.
- (18) USEPA. United State Environmental Protection Agency. **Quality Criteria for Water 1986.** EPA 440/5-86-001. 1986.
- (19) SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L.C. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, v. 1 p. 29, 2004.
- (20) PEDERSEN, F.; DAMBORG, A.; KRISTENSEN, P. Guidance document for risk assessment of industrial waste water. **Danish Environmental Protection Agency, Miljøprojekt**, n. 298, p. 76, 1995.
- (21) BORTOLUZZI, E.C; RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.S.; PELLEGRINI, J.B.R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A.C.C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 881-887, 2006.
- (22) LINS, M.; BRAMORSKI, J.; PINHEIRO, A.; BREUCKMANN, H. Influência da cobertura do solo e do comprimento da vertente no transporte de sedimentos. In: PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D. (eds.). **Caracterização quali-quantitativa da**

**produção de sedimentos. Santa Maria: ABRH/UFMS.** cap.1, p.11-23. 2001.

(23) HATFIELD. J.L. Sustainable agriculture: impacts on non-point pollution. **Water Science Technology**, v. 28, n. 3-5, p. 415-424, 1993.

(24) TOMITA, R.Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxico em ambiente aquático. **Biológico**, v. 64, n. 2, p.135-142, 2002.

(25) SILVA, C.L.; FOLONI, L.L.; PARAÍBA, L.C.; PLESE, L.P.M. Previsão ambiental da distribuição dos pesticidas aplicados na cultura de arroz. Pesticidas: **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 17. p. 75-86, 2007.

(26) GRIZA, F.T.; ORTIZ, K.S.; GEREMIAS, D. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha- Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1631-1635, 2008.

(27) EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. Uso de Agrotóxicos: Normas gerais para o uso de agrotóxicos. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FrontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/normas\\_gerais\\_uso\\_agrotoxicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FrontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/normas_gerais_uso_agrotoxicos.htm). Acesso em: 17 out. 2012.

(28) PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – SEAB. **Lista de agrotóxicos aptos para uso e comércio no Paraná.** Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DI/Lista.pdf>. Acesso em: 31 out. 2010.

(29) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em: <http://www.fao.org/ag/portal/ag-home/en/>. Acesso em: 15 set. 2010.

(30) SCHMITZ, M.K. **Intoxicação por agrotóxicos inibidores da colinesterase.** (Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Medicina) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2003.

(31) DIRETRIZES DE PESQUISA APLICADA AO PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL/ Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA - Brasília, p. 101, 1994.

(32) CAVALIERE, M.J.; CALORE, E.E.; PEREZ, N.M.; PUGA, F.R. Miotoxicidade por organofosforados. **Revista de Saúde Pública**, v. 30, n. 3, p. 267-72, 1996.

(33) ECOBICHON; D.J.; JOY, R.M. Pesticides and neurological diseases. In: CASARETT, L. J.; DOULL. **Toxicology the basic science of poisons.**, J. 4<sup>a</sup> ed. Boca Raton, CRC Press, 1991, p. 565-622.

(34) FARIA, N.M.X.; FACCHINI, L.A.; FASSA, A.G.; TOMASI, E. Trabalho rural e intoxicações por agrotóxicos. Caderno de Saúde Pública, v. 20, n. 5, p. 1298-1308, 2004.

(35) SANTOS, V.M.R.; DONNICI, C.L. Compostos organofosforados pentavalentes: histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 159-170, 2007.

(36) COUTINHO, C.F.B.; TANIMOTO, S.T.; GALLI, A.; GARBELLINI, G.S.; TAKAYAMA, M.; AMARAL, R.B.; MAZO, L.H.; AVACA, L.A.; MACHADO, S.A.S. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 15, p. 65-72, 2005.

(37) FARIA, Á.B.C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas forestais. **Ambiência**, v. 5, n. 2, p. 345-358, 2009.

(38) OGA, S. **Fundamentos da Toxicologia.** 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atheneu, p. 474, 2003.

(39) SOUZA, A.; MEDEIROS, A.R.; SOUZA, A.C; WINK, M.; SIQUEIRA, I.R.; FERREIRA, M.B.C.; FERNANDES, L.; HIDALGO, M.P.L.; TORRES, I.L.S. Avaliação do impacto da exposição a agrotóxicos sobre a saúde de

população rural. Vale do Taquari (RS, Brasil). **Ciência Saúde Coletiva** [online], v.16, n.8, p. 3519-3528, 2011.

(40) BARCELÓ, D. Environmental protection-agency and other methods for the determination of pesticides and other transformation products in water. **Journal of Chromatography**, v. 643, p. 117-143, 1993.

(41) SPADOTTO, C.A. Comportamento e Destino Ambiental de Herbicidas. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. [online] Disponível: <http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas>. Acesso em: 14 ago. 2010.

(42) BERTI, A.P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L.C.; EDUARDO, L.; GRASSI, A. Efeitos da Contaminação do Ambiente Aquático por Óleos e Agrotóxicos. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 45-51, 2009.

(43) GRISA, F.T.; ORTIZ, K.S.; GEREMIAS, D. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha - Rio Grande do Sul. **Química. Nova**, v. 31, n. 7, 1631-1635, 2008.

(44) NIMMO, D.R. Pesticides. In: RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R., (eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. New York: Hemisphere, p. 335-373, 1985.

(45) CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Aqua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 12 set. 2010.

(46) IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico: limpeza urbana e coleta de lixo. 2000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio\\_ambiente\\_2002/meio\\_ambiente2002.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio_ambiente_2002/meio_ambiente2002.pdf)>. Acesso em: 26 jul. 2010.

(47) FERNANDES NETO, M.L.; SARCINELLI, P.N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de

risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.14, n. 1, p. 69-78, 2009.

(48) LACORTE, S.; BARCELÓ, D. Determination of organophosphorus pesticides and their transformation products in river water by automated on-line solid-phase extraction followed by thermospray liquid chromatography-mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 712, n. 1, p.103-112, 1995.

(49) ALVES, S.R. **Avaliação dos resíduos de pesticidas organofosforados e carbamatos por metodologia enzimática no Córrego de São Lourenço, Nova Friburgo-RJ**. (Dissertação de Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

(50) STEVENSON, R.J. Scale-dependente determinants and consequences of benthic algal heterogeneity. **Journal of the North American Benthological Society**, Lawrence, v. 16, n. 1, p. 248, 1997.

(51) CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 1991**. São Paulo, CETESB, 163p, 1992. (Série Relatórios).

(52) CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas no Estado de São Paulo 1995**. 285p, 1996.

(53) ANDRONIKOVA I.N. Zooplankton characteristics in monitoring of Lake Ladoga. **Hydrobiologia**, v. 322, p. 173-179, 1996.

(54) ARAUCO, L.R.R.; CRUZ, C.; MACHADO NETO, J.G. Efeito da presença de sedimento na toxicidade aguda do sulfato de cobre e do triclorfon para três espécies de *Daphnia*. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 55-64, 2005.

(55) ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

(56) RODRIGUES, F.A.C.; WEBER, O.L.S.; DORES, E.F.G. C.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; TIDON, R.; GRISÓLIA, C.K. Ecogenotoxicologia dos agrotóxicos: avaliação comparativa entre ecossistema agrícola e área de proteção ambiental. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 73-84, 2005.

(57) GOLOMBIESKI, J.I.; MARCHESAN, E.; REIMCHE, G.B.; BAUMART, J.S.; SALBEGO, J.; LORO, V.L.; BALDISSEROTTO, B. Acetylcholinesterase activity in the brain and muscle of *Cyprinus carpio* and *Aristichthys nobilis* exposed to azimsulfuron and metsulfuron-methyl. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 19, p. 81-89, 2009.

(58) ARIAS, A.R.L.; BUSS, D.F.; ALBUQUERQUE, C.; INÁCIO, A.F.; FREIRE, M.M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D.F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da comunidade de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

(59) HENAREZ, M.N.P.; CRUZ, C.; GOMES, G.R.; PITELLI, R.A.; MACHADO, M.R.F. Toxicidade aguda e efeitos histopatológicos do diquate na brânquia e no fígado do piauçu (*Leporinus macrocephalus*). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, p. 107-116, 2007.

(60) CRUZ, M.A. Peixe é usado como bioindicador de contaminação causada pelo pesticida endosulfan. **Jornal da Unicamp nº 455**, publicada pelo [EcoDebate](http://www.ecodebate.com.br), 24/03/2010. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/03/24/peixe-e-usado-como-bioindicador-de-contaminacao-causada-pelo-pesticida-endosulfan>>. Acesso em: 07 nov. 2010.

(61) SPARLING, D.W.; FELLERS, G.M.; McCONNELL, L.L. Pesticides and amphibian population declines in California, USA. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n. 7, p. 1591–1595, 2001.

(62) RELYEA, R.A.; SCHOEPNER, N.M.; HOVERMAN, J.T. Pesticides and Amphibians: The Importance of Community Context. **Ecological Applications**, v. 15, n. 4, p. 1125–1134, 2005.

(63) HAYES, T.B.; CASE, P.; CHUI, S.; CHUNG, D.; HAEFFELE, C.; HASTON, K.; LEE, M.; MAI, V.P.; MARJUAO, Y.; PARKER, J.; TSUI, M. Pesticide Mixtures, Endocrine Disruption, and Amphibian Declines: Are We Underestimating the Impact? **Environmental Health Perspectives**, v. 114, s.1, p. 40–50, 2006.

(64) LAWRENCE, E.; ISIOMA, T. Acute toxic effects of Endosulfan and Diazinon pesticides on adult amphibians (*Bufo regularis*). **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, vol. 2, n. 5, p. 73-78, 2010.

(65) KOPP, K.; ANTONIOSI FILHO, N.R.; ALVES, M.I.R.; BASTOS, R.P. Publicações Sobre Efeitos de Pesticidas em Anfíbios no Período de 1980 a 2007. **Revista Multiciência**, n. 8, 2007.