



Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas

Priscila M. Dellamatrice¹ & Regina T. R. Monteiro²

¹ CENA/USP, Piracicaba, SP. E-mail: prisciladell@ig.com.br (Autor correspondente)

² CENA/USP, Piracicaba, SP. E-mail: monteiro@cena.usp.br

Palavras-chave:

agricultura
água
agrotóxicos
resíduos
herbicidas

RESUMO

Os pesticidas utilizados na agricultura para combater pragas e doenças têm causado contaminação dos recursos hídricos cujas consequências são alterações nos ecossistemas e prejuízos à saúde, sobretudo quando as águas são utilizadas para consumo humano. A contaminação ocorre principalmente em áreas próximas aos locais de aplicação por deflúvio superficial ou contaminação do lençol freático. Alguns fatores que afetam o transporte para o meio aquático são as propriedades do agente químico e variáveis ambientais, como tipo de solo, declividade, presença de cobertura vegetal e clima; alguns desses fatores, como relevo planáltico e solo quartzoso, estão presentes em grande parte do país fazendo com que a poluição do meio aquático seja acentuada. A adoção de práticas agrícolas mais racionais pelos agricultores e medidas como proteção das matas ciliares, podem prevenir a contaminação por pesticidas dos recursos hídricos, sendo a forma mais eficiente de controle da poluição agrícola nas condições locais.

Key words:

agriculture
water
residues
agrochemicals
herbicides

Main aspects of the pollution in Brazilian rivers by pesticides

ABSTRACT

Pesticides, which are used in agriculture for pest and disease control, has caused contamination of water resources. The consequences are changes in ecosystems and damage to health, especially when the waters are used for human consumption. The contamination occurs mainly in areas near the application site by surface runoff or groundwater contamination. Some factors affecting transport to the aquatic environment are the properties of the chemical and environmental conditions, such as soil type, slope, land cover and climate. Some factors such as plateau relief and quartzose soil are present in the most part of the country, causing the water pollution more severe. The adoption of more rational agricultural practices by farmers and measures for protection of riparian forests can prevent pesticide contamination of water resources, which consists in the most efficient control practice for agricultural pollution in the tropical regions.

INTRODUÇÃO

Pesticidas são um dos grupos mais representativos de poluentes no ambiente devido ao seu uso intensivo na agricultura (Choudhury et al., 2008). O Ministério do Desenvolvimento Agrário, MDA (2012) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (2013) mostram que o Brasil é o maior consumidor e produtor de agrotóxicos do mundo, desde 2009. O mercado desses produtos cresceu aproximadamente 176% na última década sendo quatro vezes maior que a média mundial (ANVISA, 2013).

O impacto do aumento da produção de bens agrícolas no ambiente é notado pela perda da biodiversidade e da qualidade dos recursos hídricos. Os estudos de monitoramento de resíduos de agrotóxicos têm aumentado ano a ano e sinalizado que resíduos de agroquímicos estão presentes nos alimentos (ANVISA, 2013), na atmosfera (Moreira, et al., 2012), nas precipitações secas e úmidas, como chuvas (Nogueira et al., 2012) e águas superficiais e subterrâneas (Dores et al., 2008).

A ocupação desordenada do solo origina a supressão da vegetação compactando e impermeabilizando o solo, o que

impede a infiltração e a recarga dos cursos de água (Paranhos Filho et al., 2005). A diminuição do escoamento de águas superficiais com essas substâncias pode ser alcançada pela manutenção ou pelo plantio de florestas na mata ciliar fazendo com que o escoamento de água com matéria orgânica não atinja o leito dos rios (Belluta et al., 2010). A remoção da mata ciliar e o manejo inadequado do solo e culturas, mesmo em áreas aptas para desenvolvimento agrícola, potencializam o transporte de agrotóxicos do solo para corpos de água em decorrência do escoamento superficial gerado pela ação da chuva ou irrigação da cultura nesses locais (Lourençato, 2010).

Referidos efeitos podem ser diminuídos se forem aplicadas técnicas agrícolas adequadas à conservação desses recursos, como terraceamento, curvas de nível, plantio direto e rotação de culturas. Todas essas medidas reduzem a compactação e o escoamento superficial e também a erosão, a qual pode carregar pesticidas adsorvidos às partículas. O manejo do solo e culturas, além do gerenciamento dos recursos hídricos, é apontado como a melhor alternativa para controle da poluição por pesticidas no campo, por Silva et al. (2011) e Bertoluzzi et al. (2006).

Torna-se necessário, portanto, informar os agricultores sobre prováveis riscos de contaminação para que sejam tomadas

medidas preventivas de controle além de se incentivar os órgãos responsáveis a monitorarem os níveis desses compostos nos recursos hídricos (Milhome et al, 2009). Estudos mostraram que a conscientização dos agricultores para práticas agrícolas mais adequadas diminuiu o problema da contaminação da água em municípios onde houve programas de educação ambiental no campo os quais tiveram 56% menor incidência de contaminação (Soares & Porto, 2007).

No campo, a aplicação dos produtos pode ser otimizada buscando reduzir os efeitos desses produtos. Práticas como o manejo integrado de pragas podem reduzir a dose aplicada dos produtos; a aplicação deve ser evitada em período anterior ao chuvoso e o manejo da irrigação deve ser feito para evitar a entrada excessiva de água após a aplicação dos agroquímicos, sendo o método mais recomendado o gotejamento. Na aplicação foliar o método de aspersão é o menos recomendado e na aplicação no solo, o método de sulco. Para reduzir a volatilização a aplicação deve ser feita no período do início ou fim do dia, evitando a aplicação nos horários mais quentes quando também há vento (Honeycutt & Schabacker, 1994)

Alguns aspectos da contaminação do ambiente por pesticidas estão relacionados com a aplicação no campo. Diversos produtos que são muito tóxicos são registrados para uso em algumas culturas as quais não têm outro produto para o controle das pragas porém, devido à sua alta eficácia, são aplicados em outras culturas para as quais não são recomendados. Buscando ainda maior eficiência, os produtos são aplicados em doses maiores que as recomendadas pelo fabricante as quais são determinadas baseadas em estudos ecotoxicológicos sobre o comportamento dos produtos no ambiente e efeitos em organismos. Acima desses valores a entrada dos produtos no ambiente pode causar efeitos mais sérios, não previstos na liberação desses produtos para uso. O registro, comercialização, fiscalização disposição final de embalagens, são regulamentados na Lei 7.802/89 (Brasil, 1989).

O uso desses produtos só é permitido com o receituário agrônomo, o qual é feito por engenheiro agrônomo, que especifica quais produtos podem ser utilizados para cada cultura, dose, frequência e modo de aplicação. Tais leis não são sempre respeitadas devendo haver maior fiscalização na venda desses produtos.

A ocorrência de pesticidas além do permitido pela legislação nas águas superficiais, pode ser consequência também das lavagens de tanques de aplicação e de embalagens de pesticidas, sendo o ideal a aplicação desta água de lavagem também na cultura agrícola (Filizola et al., 2002).

Os agrotóxicos mais utilizados na agricultura são os carbamatos e organofosforados, os quais possuem atividade inseticida muito eficiente. No estudo de Veiga et al. (2006), os agrotóxicos mais utilizados foram os carbamatos, organofosforados e também piretróides, fungicidas e agentes biológicos e fisiológicos porém esses produtos não foram os encontrados com maior frequência como contaminantes dos recursos hídricos devido, sem dúvida, às suas características de baixa persistência no ambiente e/ou alta adsorção às diferentes matrizes ambientais.

Para garantir a proteção ambiental é necessário manter no mínimo os parâmetros de qualidade da água dentro dos limites estabelecidos. O Brasil tem, como alicerce, a Resolução CONAMA n. 357/05 (Brasil, 2005) e a Portaria do Ministério da Saúde 518/04 (Brasil, 2004) que dispõem sobre os limites máximos permissíveis (Lourençato, 2010). Quando não há informações referentes aos grupos químicos existentes na água, buscam-se valores limitantes em legislações internacionais como, por exemplo, os da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e da União Europeia. Porém, apesar dos avanços no cenário regulatório os trabalhos nesta área ainda permanecem modestos caracterizados sobremaneira por estudos regionalizados ou pontuais, associados a teses acadêmicas e objetivos específicos, embora o Brasil esteja ocupando o lugar de maior consumidor de agrotóxicos (Gomes & Barizon, 2014).

DINÂMICA DOS PESTICIDAS NO AMBIENTE AQUÁTICO

Corpos d'água sofrem todos os impactos das atividades antropogênicas ao longo da bacia, da qual recebem materiais, sedimento e poluentes, refletindo os usos e ocupação do solo nas áreas vizinhas (Tundisi & Shaskraba, 1999). Os fatores que afetam o destino dos pesticidas no meio ambiente são a forma de uso dos pesticidas, características ambientais e propriedades físico-químicas do princípio ativo (Laabs et al., 2002).

Assim, a possibilidade de contaminação ambiental por pesticidas está relacionada diretamente às propriedades físico-químicas desses compostos haja vista que, quanto maior a hidrossolubilidade maior também a facilidade de transporte até os rios, cursos de água e águas subterrâneas (Rao et al., 1983). Por outro lado, a sorção dos produtos pelo solo impede que esses alcancem o lençol freático via percolação, influenciada por propriedades como a persistência do produto e coeficiente de adsorção à matéria orgânica no solo (Koc), os quais são intimamente ligados determinando a forma como esses produtos interagem com as propriedades dos solos (Goss, 1992). A persistência é medida pela meia-vida do produto, que é o tempo para a concentração no ambiente ser reduzida à metade.

Após entrar no ambiente aquático e dependendo das características físico-químicas, esses resíduos de agrotóxicos podem se ligar ao material particulado em suspensão quanto se depositar no sedimento de fundo ou ser absorvido por organismos aquáticos para serem destoxificados ou acumulados (Silva & Santos, 2007). Alguns agrotóxicos e /ou metabólitos também podem retornar à atmosfera por volatilização (Hüskes & Levsen, 1997).

A natureza da interação do pesticida com partículas de sedimento dependerá da solubilidade do pesticida em água e das características do sedimento, tais como teor de matéria orgânica, argila e pH. Pesticidas orgânicos hidrofóbicos possuem baixa solubilidade e tendem mais a escapar da fase aquosa aderindo às substâncias lipofílicas presentes no sistema aquático e eventualmente indo depositar-se no sedimento de fundo. Uma vez no sedimento, o pesticida pode ser re-liberado para a água,

alterado quimicamente ou degradado por microrganismos (Rand & Petrocelli, 1985).

Os ecossistemas aquáticos de rios possuem grande heterogeneidade física, que incluem de pequenos a grandes rios, variação no regime de vazão e geomorfologia do canal, entre outras características do habitat. Em virtude da intercomunicabilidade dos sistemas hídricos qualquer contaminante em sistema hídrico poderia resultar em contaminação distante das áreas em que foram originalmente aplicados (Veiga et al., 2006). Além disto, o sedimento é constantemente lavado reduzindo a concentração neste compartimento e contaminando a coluna de água (Belluta et al., 2010).

Nos rios os agrotóxicos são transportados para diferentes distâncias. A capacidade de uma substância ser transportada depende diretamente de alguns fatores, como a estabilidade, o estado físico do composto e a velocidade do fluxo do rio. De forma geral, em uma fonte pontual de contaminação a concentração do analito diminui continuamente conforme a distância da fonte (Alves & Silva, 2003).

Presença de pesticidas na água pode obedecer a um modelo sazonal que depende do tempo de aplicação e do mecanismo de transporte. Frequentemente, os pesticidas são aplicados em uma estação e transportados para as águas superficiais na mesma estação, apenas após dias ou semanas depois. Típico modelo sazonal inclui aumento da concentração nas primeiras chuvas e final da estação com acúmulo dos pesticidas transportados durante toda a estação (Kuivila & Hladik, 2008).

A concentração da maioria dos pesticidas nas águas é baixa, em parte devido ao fato de serem pouco solúveis em água e ao efeito da diluição (Dores & Freire, 2001). No entanto, não exclui a possibilidade de que concentrações muito altas venham a ocorrer depois de pesadas chuvas, principalmente quando áreas próximas tenham sido recentemente tratadas com altas doses dos pesticidas (Dores & Lamônica, 2001).

FATORES RELACIONADOS COM A CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS BRASILEIROS

Áreas devastadas correspondentes a locais de intensa atividade agrícola apresentaram maior número de mananciais contaminados nas regiões centrais e sul do estado de Goiás, segundo Alves et al. (2010). Os contaminantes mais importantes detectados neste estudo foram o aldrin e mirex. Segundo Soares & Porto (2007), no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul pesticidas foram detectados na água principalmente próximos aos locais onde ocorrem grandes plantações de soja e milho. O pesticida atrazina também foi encontrado no Rio Paraíba do Sul (RJ), em áreas próximas à lavoura de cana onde era aplicado. Outros pesticidas detectados foram o Irgarol, triazínicos e o benzo-a-pireno (Azevedo et al., 2004).

Pesticidas utilizados na cultura do fumo (imidacloprid, atrazina e clomazone) foram detectados no rio Arroio Lino, RS cuja contaminação ocorreu sobretudo onde as lavouras eram muito próximas e quando não havia mata ciliar no entorno dos

rios. Onde havia presença de mata ciliar pesticidas não foram detectados na água (Bertoluzzi et al., 2006).

Jacomini et al. (2011) avaliaram a contaminação dos rios Sapucaí, Pardo e Mogi-Guaçu por ametrina, próximos a locais de cultivo de cana-de-açúcar, onde o herbicida é bastante utilizado. Foram detectados resíduos nas águas e biota do rio Mogi-Guaçu e nos sedimentos para todos os rios. No sedimento as concentrações foram consideradas altas, com potencial para remobilização dos produtos novamente para a coluna de água e também contaminação da biota. Também na região do Pantanal, MT e MS, Miranda et al. (2008) avaliaram, em seu estudo, a contaminação do sedimento por pesticidas em dezessete rios; dos 23 pesticidas monitorados foram detectados resíduos de piretroides (permetrina, lambda-cialotrina e deltametrina) e de clorados (DDT).

As maiores rotas de dispersão dos pesticidas para o sistema aquático são o escoamento superficial e a drenagem. O tipo de planta cultivada e a topografia do terreno têm importância decisiva na maioria dos processos (Primel et al., 2005). O escoamento superficial de pesticidas pela água da chuva foi demonstrado por Marques et al. (2007) em que períodos chuvosos, com pluviosidade superior a 300 mm, piretroides e clorados, foram detectados no córrego do Cintra, dentro da Bacia hidrográfica do Rio Ribeira (SP). A quantidade de chuvas também foi encontrada como a principal causa de contaminação do rio Poxim (SE) por diuron (Britto et al., 2011). A proximidade com lavouras de cana-de-açúcar também influenciou a presença do produto nas águas do rio. A contaminação das águas por 2,4-D e clomazona foi correlacionada com a ampla utilização, persistência e solubilidade do produto. O período de cultivo também influenciou o comportamento sendo que a presença de cobertura vegetal causou menor contaminação. Em geral, quanto maior a hidrossolubilidade da molécula maior também a facilidade de transporte do agrotóxico até os cursos de água. Este comportamento, associado à ocorrência de chuvas em alguns períodos, em regiões tropicais, faz com que aumente a probabilidade de contaminação ambiental, de vez que são facilmente carregados com o movimento das águas (Marchesan et al., 2010).

Em Primavera do Leste, estado de Mato Grosso, estudos da contaminação de águas por herbicidas triazínicos foram realizados, são os mais utilizados na região e apresentam grande potencial de contaminação das águas em razão das características de alta solubilidade e persistência (Dores et al., 2008). Foram detectados principalmente os resíduos de metribuzim, simazina, atrazina e seu metabólito desetil-atrazina (DEA) e metolaclor. Os pesticidas encontrados com mais frequência foram os aplicados em áreas próximas ao local de detecção (Dores et al., 2008). Fortes chuvas durante o período de aplicação e solos vulneráveis explicaram a presença desses produtos na água (Dores et al., 2008). O tipo de solo foi correlacionado com a contaminação da água por endossulfan e BHC nos rios Batalha e Bauru (SP) enquanto o solo da região era do tipo quartzoso, com porosidade elevada, característico em algumas regiões brasileiras, como os Neossolos Quartzênicos (Rissato et al., 2004).

Estudos avaliando a contaminação das águas com os pesticidas mais utilizados na região foram realizados na Bacia do Pantanal, nos rios Cuiabá e São Lourenço; das 32 substâncias investigadas 22 foram detectadas ao menos uma vez e contaminação foi encontrada em 68% das amostras. Maior frequência de detecção de resíduos foi encontrada para os pesticidas triazínicos. Os resíduos de organofosforados foram menos detectados porém quando encontrados foram em concentrações maiores. O grupo menos detectado foi o dos piretroides, explicado por suas características físico-químicas que lhes conferem baixa estabilidade no ambiente (Laabs et al., 2002) ou foi devido à alta perda por volatilização (Hüskes & Levsen, 1997).

Outro estudo envolvendo herbicidas triazínicos foi realizado na Bacia do Alto Paraguai, a qual abrange o Pantanal Matogrossense, por Calheiros et al. (2010). Resíduos de atrazina foram encontrados em valores abaixo do padrão estipulado pela Resolução CONAMA n. 357/05 (Brasil, 2005). Os herbicidas triazínicos também foram ressaltados como o principal grupo de resíduos detectados nas águas do rio Corumbataí (SP) por Armas et al. (2007). Resíduos de atrazina e ametrina foram detectados em níveis acima do padrão expresso na Resolução CONAMA n. 357/05 (Brasil, 2005). Outros herbicidas detectados foram: simazina, hexazinona, glifosato e clomazone.

Segundo Primel et al. (2005), a quantidade de herbicidas utilizados nas lavouras de arroz influenciou diretamente nos níveis de herbicidas que ocorrem nas águas de superfície nas proximidades da aplicação. Os produtos encontrados com maior frequência nas águas foram o clomazone e o propanil. Nos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim (RS), em outro estudo no cultivo de arroz foram encontrados, na água, resíduos de clomazone, propanil e quinclorac, sendo o clomazone o mais frequente (Marchesan et al., 2007). Os maiores valores foram encontrados durante a estação de crescimento e no período de chuvas. No Brasil, o período de plantio coincide com o período de chuvas, sendo esta estação crítica para a contaminação de águas por pesticidas. O aumento no tamanho da área cultivada também resultou em aumento no nível de contaminação. Segundo Soares & Porto (2007), aumento na área de lavoura de 10.000 ha aumenta as chances de contaminação da água e do solo em 6%.

Grutzmacher et al. (2008) também encontraram resíduos de pesticidas na água próximos aos cultivos de arroz. Os pesticidas encontrados com maior frequência foram o quinclorac e o carbofuram. Em solos tropicais a ausência de cobertura vegetal durante o período de chuvas pode acelerar significativamente o transporte de substâncias para o meio aquático.

A contaminação da água por clorpirifós e imidacloprid (mais frequentes) e também por atrazina, simazina e clomazone, foi correlacionada com características do produto e do local em estudo envolvendo três bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul. Clorpirifós é um produto persistente no ambiente e imidacloprid possui alta mobilidade. As características do local consideradas importantes foram as características do solo, como pouca cobertura e declividade, e quantidade de chuva (Bertoluzzi et al., 2007). A maior parte do território brasileiro é constituída por relevo de planalto,

caracterizada por declives que acentuam a lavagem de solo por escoamento superficial e a contaminação de corpos de água superficiais. Muitas dessas áreas também são utilizadas no cultivo agrícola aumentando o perigo de contaminação dos corpos hídricos, por pesticidas.

Belluta et al. (2010) relataram a detecção de pesticidas clorados e piretroides no córrego do Cintra (Botucatu-SP). Segundo eles, organofosforados e carbamatos são facilmente degradados e sua detecção é mais difícil. Os produtos encontrados foram correlacionados com seu uso na região. Os valores encontrados para piretroides foram 5,5 vezes maiores que o estabelecido na Portaria do Ministério da Saúde n. 2914/11 (Brasil, 2011). Os clorados foram detectados embora seu uso esteja proibido desde 1985, mostrando sua alta persistência no ambiente.

Em estudo realizado na bacia Ipojuca, no Nordeste, também resíduos de pesticidas organoclorados foram detectados na água. Os principais pesticidas encontrados foram heptacloro, aldrin, DDT, clordane e endrin. A presença dos pesticidas foi correlacionada com áreas densamente povoadas sendo o uso em programas de saúde considerado o maior causador da contaminação (Araújo et al., 1998).

No Rio Mearim (Ma), a avaliação dos pesticidas na água se deu através kits de imunoensaios, os quais são capazes de detectar quais classes de pesticidas estão presentes. Foram detectados fungicidas, piretroides, herbicidas das classes etalínicas, carbamatos, organofosforados e o herbicida paraquat, os quais estiveram presentes em 60% das amostras. As maiores concentrações, no entanto, foram encontradas para os pesticidas clorados (Khan, 1980).

Outro estudo realizado por Veiga et al. (2006) em águas superficiais e subterrâneas no Município de Paty dos Alferes, por análise da inibição da enzima colinesterase, detectou contaminação por organofosforados e carbamatos em 70% das amostras. Esses valores foram encontrados para o período seco, o qual não é o período mais crítico para a contaminação de águas por pesticidas, mostrando que a contaminação das águas pode persistir por mais que uma estação.

Em monitoramento realizado no estado Paraná, entre os anos de 1994 e 1998, em águas de abastecimento, o SANEPAR encontrou sobretudo a presença de pesticidas clorados (lindano e BHC) e herbicida trifluralina (Andreolli et al., 2000). Organoclorados também foram detectados no estado de São Paulo (Corbi et al., 2006), Minas Gerais (Flores et al, 2004) e Paraná (Medeiros et al, 1984) os quais foram associados às antigas lavouras de café quando o uso desses produtos ainda era permitido, embora o lindane (BHC) ainda seja utilizado em lavouras de cana-de-açúcar.

Águas de chuva foram analisadas por Moreira et al. (2012) e Nogueira et al. (2012) em amostras coletadas no Campo e nas cidades de Campo Verde e Lucas do Rio Verde (MT); os mesmos produtos ocorreram na zona rural e urbana evidenciando a importância da volatilização e do transporte pelos ventos dos pesticidas. Resíduos de atrazina foram os mais elevados. Foram encontrados resíduos de endossulfan, endossulfan sulfato, malation, metolaclor, metil paration e flutriafol.

CONCLUSÕES

1. O uso intensivo de pesticidas na agricultura tem causado a contaminação dos rios brasileiros por agroquímicos porém estudos sinalizam que a conscientização dos agricultores para práticas agrícolas mais conservacionistas podem reduzir os riscos de contaminação.

2. Características dos locais e dos produtos mostraram sua influência quanto ao grau de contaminação. Preocupação maior ocorre com a presença de solos mais arenosos, áreas de relevo planáltico e alta incidência de chuvas, as quais são as responsáveis pela maioria dos casos de pesticidas encontrados na água. Cobertura vegetal, mata ciliar e manejo agrícola adequado mostraram reduzir os níveis de contaminação.

3. Os resíduos dos pesticidas triazínicos foram detectados com maiores frequências e concentrações em razão, provavelmente, do uso frequente e pelas suas características de mobilidade e persistência, além de facilidade de avaliação. Pesticidas clorados, mesmo com seu uso banido há cerca de 30 anos, foram encontrados em algumas amostras ambientais.

LITERATURA CITADA

- Alves, M. I. R.; Antonioni Filho, N. R.; Oliveira, L. B.; Furtado, S. T. F. Avaliação da contaminação por pesticidas organoclorados em recursos hídricos do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.15, p.67-74, 2010.
- Alves, S. R.; Silva, J. J. O. Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos. In: Peres, F.; Moreira, J. C. (org.). *É veneno ou é remédio. Agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. 384p.
- Andreolli, C. V.; Hoppin, C.; Ferreira, A.C. Avaliação dos níveis de agrotóxicos encontrados na água de abastecimento nas regiões de Curitiba e Londrina. *Sanare*, v.12, p.10-18, 2000.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>. 20 Out. 2013.
- Araújo, A. C. P.; Telles, D. L.; Gorni, R.; Lima, L. L. A. Organochlorine pesticide contamination in the Ipojuca Basin, Brazil. *Environmental Technology*, v.19, p.109-113, 1998.
- Armas, E. D.; Monteiro, R. T. R.; Antunes, P. M.; Santos, M. A. D. F.; Camargo, P. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimento do Rio Corumbataí e principais afluentes. *Química Nova*, v.30, p.1119-1127, 2007.
- Azevedo, D. A.; Guchon, E.; Reis, E. O. Monitoring of pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in water from Paraíba do Sul River, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.15, p.292-299, 2004.
- Belluta, I.; Almeida, A. A.; Coelho, I. C.; Nascimento, A. B.; Silva, A. M. M. Avaliação temporal e espacial no córrego do Cintra (Botucatu – SP) frente aos defensivos agrícolas e parâmetros físico-químicos de qualidade da água – Um estudo de caso. *Energia na Agricultura*, v.25, p.54-73, 2010.
- Bertoluzzi, E. C.; Rheinheimer, D. S.; Gonçalves, C. S.; Pellegrini, J. B. R.; Maronezes, A. M.; Kunz, M. H. S.; Bacar, N. M.; Zanella, R. Investigation of the occurrence of pesticide residue in rural Wells and surface water following application to tobacco. *Química Nova*, v.30, p.1872-1876, 2007.
- Bertoluzzi, E. C.; Rheinheimer, D. S.; Gonçalves, C. S.; Pellegrini, J. B. R.; Zanella, R.; Capetti, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, R. S. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.881-887, 2006.
- Brasil. Lei Federal n. 7.802 de 11 de julho de 1989. <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/l7802.htm> 10 Mai 2005.
- Brasil. Portaria MS. Ministério da Saúde nº 518 de 25 de Março de 2004. http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf. 19 Jun. 2010.
- Brasil. Resolução CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº. 357 de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2005. 23p.
- Brasil. Resolução CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente n.430 de 13 maio de 2011. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n.92 de 16/05/2011. 89p.
- Britto, E. B.; Vasco, N. A.; Pereira, A. P. S.; Mello, J. R. A. V.; Nogueira, L. C. Avaliação da contaminação por pesticida da água do rio Poxim usada para abastecimento público de Aracaju, Sergipe. In: *Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*, 6, 2011, Aracaju. Anais... Aracaju: ERHS, 2011. CD-Rom
- Calheiros, D. F.; Ferracini, V. L.; Queiroz, S. C. N. Contaminação por agrotóxicos nas águas da bacia do Alto Paraguai. *Resumos do Seminário de Agroecologia*, 3, 2010, Corumbá. Anais... Dourados: EPAMS, 2010. CD-Rom
- Choudhory, A.; Prochan, S.; Soho, M.; Sanjal, N. Impact of pesticide on soil microbiology parameters and possible bioremediation strategies. *Indian Journal of Microbiology*, v.48, p.114-127, 2008.
- Corbi, J. J.; Strixino, S. T.; Santos, A.; Grande, M. del. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes às áreas de cultivo de can-de açúcar, estado de São Paulo, Brasil. *Química Nova*, v.29, p.61-65, 2006.
- Dores, E. F. G. C.; Carbo, L.; Ribeiro, M. L.; Freire, E. M. de L. Pesticide levels in ground and surface waters of Primavera do Leste region, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Chromatographic Science*, v.46, p.585-590, 2008.
- Dores, E. F. G. C.; Freire, E. M. de L. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise preliminar. *Química Nova*, v.24, p.27-36, 2001.
- Filizola, H. F.; Ferracini, V. L.; Sans, L. M. A.; Gomes, M. A. F.; Ferreira, C. J. A. Monitoramento e avaliação de risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.659-667, 2002.
- Flores, A. V.; Queiroz, M. E. L. R. de; Neves, A. A.; Goulart, S. M. Extração e análise de organoclorados em sedimento do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG. *Revista Analytica*, v.3, p.42-47, 2004.

- Gomes, M. A. F.; Barizon, R. R. M. Panorama da contaminação Ambiental por Agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: Cenário 1992/2011, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 36p.
- Goss, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. *Weed Technology*, v.6, p.701-708, 1992.
- Grutzmacher, D. D.; Grutzmacher, A. D.; Agostinetto, D.; Loeck, A. E.; Roman, R.; Peixoto, S. C.; Zanella, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.632-637, 2008.
- Honeycutt, R. C.; Schabacker, D. J. Mechanism of pesticide movement into groundwater. London: Lewis, 1994. 189p.
- Hüskes, R.; Levsen, K. Pesticides in the rain. *Chemosphere*, v.35, p.3013-3024, 1997.
- Jacomini, A. E.; Camargo, P. B.; Avelar, W. E. P.; Bonato, P. S. Assessment of ametryn contamination in river water, river sediment, and mollusk bivalves in São Paulo State, Brazil. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v.60, p.452-461, 2011.
- Khan, S. U. Pesticides in the soil environment. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1980. 240p.
- Kuivila, K. M.; Hladik, M. L. Understanding the occurrence and transport of current-use pesticides in the San Francisco Estuary, Watershed. *Estuary & Watershed*, v.6, article 2. <http://repositories.cdlib.org/jmie/sfewsvol6/iss3/art2>. 5 Mai. 2008.
- Laabs, V.; Ameling, W.; Pinto, A. A.; Wartzon, M.; Silva, C. J.; Zech, W. Pesticides in surface water, sediment, rainfall of the northeastern Pantanal Basin, Brazil. *Journal of Environmental Quality*, v.31, p.1636-1648, 2002.
- Lourençato, L. F. Potencial de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos na microbacia hidrográfica do Campestre, Colombo, PR. Curitiba: UFPR, 2010. 48p. Dissertação Mestrado
- Marchesan, E.; Sartori, G. M. S.; Avila, L. A. de; Machado, S. L. O. de; Zanella, R.; Primel, E. G.; Macedo, V. R. M.; Marchezan, M.G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da depressão central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, *Ciência Rural*, v.40, p.1053-1059, 2010.
- Marchesan, E.; Zanella, R.; Avila, L. A. de; Camargo, E. R.; Machado, S. L. O.; Macedo, V. R. M. Rice herbicide monitoring in two Brazilian Rivers during the rice growing season. *Scientia Agrícola*, v.64, p.131-137, 2007.
- Marques, N. M.; Cotrim, B. M.; Peres, M. A. F. Avaliação do impacto da agricultura em área de proteção ambiental pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, SP. *Química Nova*, v.30, p.1171-1178, 2007.
- MDA – Ministerio do Desenvolvimento Agrário. http://www.mda.gov.br/portal_noticias/18.02.2012. O Brasil é o maior consumidor e produtor de agrotóxicos do mundo desde 2009. 10 Out. 2013.
- Medeiros, M. C. M. B.; Vianna, P. C. G.; Fowler, R. B.; Zappia, V. R. S. Poluição das águas internas do Paraná por agrotóxicos. Curitiba: SUREHMA/PR, 1984. 8p.
- Milhome, M. A. L.; Sousa, D. O. B.; Lima, F. A. F.; Nascimento, R. F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14, p.363-372, 2009.
- Miranda, K.; Cunha, M.; Dores, E.; Calheiros, D. F. Pesticide residues in river sediments from the Pantanal Wetland, Brazil. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, v.43, p.717-722, 2008.
- Moreira, J. C.; Peres, F.; Simões, A. N.; Pignati, W. A.; Dores, E. C.; Vieira, S. N.; Strüssemann, C.; Mott, T. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. *Ciência e Saúde Coletiva*, v.18, p.1557-1568, 2012.
- Nogueira, E. N.; Dores, E. F. G. C.; Pinto, A. A.; Amorim, R. S. S.; Ribeiro, M. R.; Lourencetti, C. Currently used pesticides in water matrices in Central-western Brazil. *Journal of Brazilian Chemical Society*, v.23, p.1476-1487, 2012.
- Paranhos Filho, A. C.; Carnellosi, C. F.; Ferreira, J. H. D.; Prates, K. V. M. C.; Streilling, S. S. Análise do impacto da ação antrópica sobre uma nascente do Rio Água Grande (Ubiratã, PR) através de imagem de satélite CBERS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia: Anais...São José dos Campos: INPE, 2005. p.1451-1458.
- Primel, E. G.; Zanella, R.; Kurz, M. H. S.; Gonçalves, F. F.; Machado, S. O.; Marchezan, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo de arroz irrigado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, v.28, p.605-609, 2005.
- Rand, G. M.; Petrocelli, S. R. Fundamentals of aquatic toxicology.: methods and applications. Washington: Hemisphere Publishing, 1985. 120p.
- Rao, O. S.; Mansell, R. S.; Baldwin, L. B.; Laurent, M. F. Pesticides and their behavior in soil and water, *Soil Science Fact Sheet*, v.5, p.1-3, 1983.
- Rissato, S. R.; Libânio, M.; Graffiris, G. P.; Gerenutti, M. Determinação de pesticidas organoclorados em água de manancial, água potável e solo na região de Bauru (SP). *Química Nova*, v.27, p.739-743, 2004.
- Silva, D. R. O.; Avila, L. A.; Agostinetto, D.; Bendt, A. D. C.; Primel, E. G.; Caldas, S. S. Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. *Química Nova*, v.34, p.748-752, 2011.
- Silva, J. M.; Santos, J. R. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v.11, p.565-573, 2007.
- Soares, W. L.; Porto, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, v.12, p.131-143, 2007.
- Tundisi, J. G.; Shaskraba, M. Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos: Brazilian Academy of Sciences International Institut of Ecology and Backhuuis Publishers, 1999. 585p.
- 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. *Cadernos de Saúde Pública*, v.22, p.2391-2399, 2006.