

ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE AGROTÓXICOS

Claudio Aparecido Spadotto, *Ph.D.*

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna (SP)

E-mail: spadotto@cnpma.embrapa.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é apresentar e discutir o contexto, a complexidade e a necessidade de uma abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos, que é caracterizada pela variedade de disciplinas envolvidas e pelas interfaces entre elas e com outras áreas do conhecimento. A inerente complexidade deve ser tratada pelo conhecimento interdisciplinar aprofundado aliado à capacidade de simplificação consciente, resultando em avanço metodológico, científico e tecnológico.

Palavras-chave: agrotóxico, ambiente, complexidade, interdisciplinaridade.

ABSTRACT

INTERDISCIPLINARY APPROACH FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF PESTICIDES

This work is intended to present and discuss the context, complexity, and need of interdisciplinary approach for environmental assessment of pesticides, which is characterized by an array of disciplines and by interfaces among them and with other knowledge fields. The inherent complexity should be dealt with deep interdisciplinary knowledge along with conscious simplification ability, resulting in methodological, scientific and technological advancement.

Key words: *pesticide, environment, complexity, interdisciplinarity.*

O CONTEXTO

O desenvolvimento da síntese orgânica durante a Segunda Guerra Mundial e a consolidação do padrão tecnológico da agricultura moderna tiveram importância fundamental no desenvolvimento da indústria mundial de agrotóxicos. A descoberta das propriedades inseticidas do organoclorado DDT, em 1939, é tida como um marco de transição nas técnicas de controle fitossanitário.

O padrão agrícola estabelecido no pós-guerra tem sua base tecnológica assentada no uso de agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos), mecanização, cultivares de alto potencial de rendimento e técnicas de irrigação, visando a elevação da produtividade. Existe, portanto, uma estreita relação entre a agricultura moderna intensiva e a utilização de agrotóxicos. A partir da década de 1960, tal modelo agrícola foi difundido para as regiões do Terceiro Mundo, num processo conhecido como Revolução Verde.

Os agrotóxicos, além de cumprirem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. O uso freqüente, e muitas vezes incorreto, de agrotóxicos pode causar a contaminação dos solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, dos alimentos, apresentando, conseqüentemente, efeitos negativos em organismos terrestres e aquáticos e intoxicação humana pelo consumo de água e alimentos contaminados, assim como o risco de intoxicação ocupacional de trabalhadores e produtores rurais. Além dos perigos aos seres humanos, sabe-se que a introdução de agrotóxicos no ambiente pode provocar efeitos indesejáveis, como a alteração da dinâmica bioquímica natural pela pressão de seleção exercida sobre os organismos, tendo como conseqüência, mudanças no funcionamento do ecossistema afetado.

Presença de agrotóxicos tem sido relatada em águas superficiais, subterrâneas e em água de chuva (FUNARI et al., 1995; BUSER, 1990). Agrotóxicos têm sido encontrados na atmosfera mesmo distantes de áreas agrícolas (GROVER et al., 1997; LAABS et al., 2002). Resíduos desses produtos têm sido ainda encontrados no orvalho (GLOTFELTY et al., 1987), na neve do ártico (GREGOR e GUMMER, 1989) e na névoa do oceano (SCHOMBURG e GLOTFELTY, 1991).

A introdução de agrotóxicos organossintéticos no Brasil teve início em 1943, quando chegaram as primeiras amostras do inseticida DDT. O consumo anual de agrotóxicos no Brasil tem sido superior a 300 mil toneladas de produtos comerciais. Expresso em quantidade de ingrediente-ativo (i.a.), são consumidas anualmente no

país cerca de 130 mil toneladas; representando um aumento no consumo de agrotóxicos de 700% nos últimos quarenta anos, enquanto a área agrícola aumentou 78% nesse período.

A adoção dos termos defensivos agrícolas, produtos fitossanitários, pesticidas, biocidas e agrotóxicos tem sido marcada por controvérsias e essa discussão está além do escopo desse artigo. No entanto, a legislação brasileira adotou e definiu o termo agrotóxico (Lei 7.802/89 e Decretos 98.816/90 e 4.074/2002), que é utilizado nesse trabalho englobando as diferentes categorias de uso: inseticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas e outras.

O Brasil possui uma legislação de agrotóxicos evoluída, exigente e restritiva, que cuida, além da necessidade de comprovação da eficiência agrônômica, das garantias da minimização dos perigos ao ser humano (seja de caráter ocupacional, alimentar ou de saúde pública) e das ameaças ao meio ambiente provenientes desses produtos químicos. Antes a avaliação ambiental restringia-se à classificação da periculosidade de cada agrotóxico, baseada em dados ecotoxicológicos do produto comercial. Hoje é necessária a avaliação dos riscos ambientais de cada produto, considerando, além da ecotoxicidade, a exposição dos organismos nos diferentes compartimentos ambientais, o que demanda um mais amplo e profundo entendimento de como os agrotóxicos se comportam no ambiente depois de aplicados e de quais efeitos pode causar aos vários organismos.

A COMPLEXIDADE

Os métodos de aplicação de agrotóxicos podem ser por via sólida, líquida e gasosa. A aplicação por via líquida é o método predominante, sendo a aplicação por via gasosa empregada somente em alguns casos. Na aplicação por via líquida uma formulação é geralmente diluída em água, formando a calda que, via de regra, é aplicada na forma de gotas através de pulverização.

A partir da sua aplicação, a distribuição do agrotóxico nos diferentes compartimentos ambientais pode ocorrer através do atraso ou impedimento da chegada ao alvo, desvio de rota, erro do alvo, além de outros. O ajuste correto desses itens pode ser considerado o primeiro passo para o sucesso da ação do agrotóxico e a redução do seu impacto indesejável no ambiente (GEBLER e SPADOTTO, 2004). Qualquer quantidade do agrotóxico que não atinja o alvo não terá o efeito desejado e representará uma forma de perda e uma fonte de contaminação ambiental.

A deriva, que é o transporte do agrotóxico pelo vento durante a aplicação, é um dos problemas mais comuns. No entanto, vale notar que ausência de vento pode também ser prejudicial, pois as gotas muito finas podem ficar suspensas no ar devido à estabilidade atmosférica, dispersando-se até vários quilômetros do local de aplicação, sendo, muitas vezes, somente removidas da atmosfera pela ação da chuva.

Depois da aplicação de um agrotóxico, através dos diferentes métodos, vários processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos determinam seu comportamento. O destino de agrotóxicos no ambiente é governado por processos de retenção (sorção, absorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e por interações desses processos. A Figura 1 apresenta esquematicamente uma visão geral dos processos envolvendo os agrotóxicos no ambiente; enquanto a Figura 2 apresenta os processos envolvidos no comportamento e destino ambiental de agrotóxicos com ênfase no solo.

Além da variedade de processos envolvidos na determinação do destino ambiental de agrotóxicos, diferenças nas estruturas e propriedades das substâncias químicas, e nas características e condições ambientais, podem afetar esses processos. Condições meteorológicas, localização da área na topografia e práticas de manejo agrícola podem, entre outros, afetar o destino de agrotóxicos no ambiente. O volume, a intensidade e a frequência das chuvas têm uma grande influência no transporte e na perda de agrotóxicos através do escoamento superficial e da percolação da água no solo.

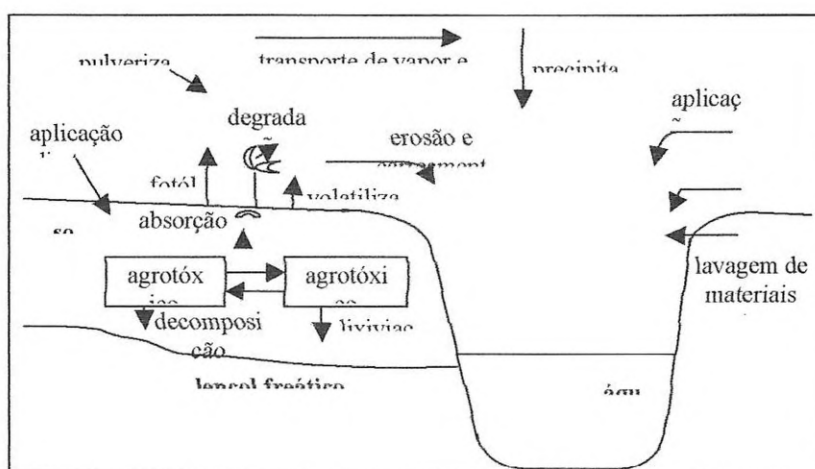


Figura 1. Visão geral dos processos envolvendo os agrotóxicos no ambiente (adaptado de DORES e DE-LAMONICA-FREIRE, 1999).

Um entendimento dos processos do comportamento e destino de agrotóxicos no ambiente é essencial; no entanto, a variedade de agrotóxicos usados representa muitas classes de substâncias químicas orgânicas e os tipos de interações desses compostos com diferentes componentes do ambiente são enormes.

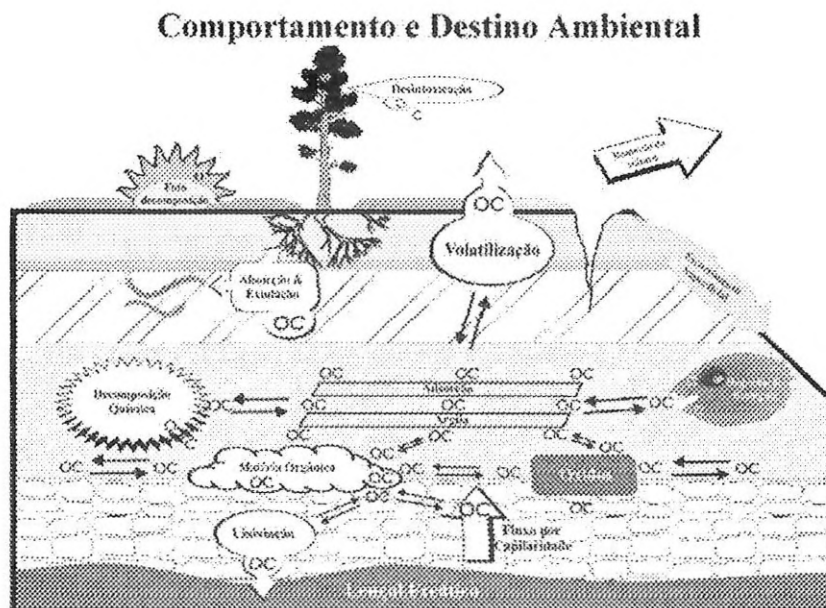


Figura 2. Representação esquemática dos processos envolvidos no comportamento e no destino ambiental dos agrotóxicos, com ênfase nos processos que ocorrem no solo (baseado em WEBER e WEED, 1974). OC representa o agrotóxico.

O agrotóxico pode ser transportado pela água da chuva que escoar superficialmente e pelo solo erodido, sendo levado às partes mais baixas da topografia, podendo chegar até os rios, córregos, lagos e açudes. Os picos de concentrações de agrotóxicos em águas superficiais são registrados logo após eventos de chuva de alta intensidade. A lixiviação ocorre quando a água da chuva penetra no solo, levando o agrotóxico em profundidade, podendo atingir a água subterrânea. Esse processo é mais importante em solos arenosos e depende das propriedades de cada agrotóxico. O transporte de agrotóxicos na atmosfera é também um importante meio de distribuição desses produtos no ambiente e pode ocorrer por volatilização direta, co-vaporização com a água e associação ao material particulado carregado pelo vento.

A volatilização pode ocorrer durante e após a aplicação, a partir da superfície das plantas, na superfície e na matriz do solo, assim como na superfície e na coluna d'água. Além disso, as estimativas das concentrações ambientais têm que considerar

também os processos de transporte na atmosfera e a deposição no solo, na vegetação e nos corpos d'água.

A decomposição química, a fotodecomposição e a degradação biológica são processos pelos quais os agrotóxicos são transformados em outros compostos, podendo essa transformação ser completa ou não. Assim, através dos processos de transformação, os agrotóxicos podem resultar em compostos com persistência e toxicidade maiores ou menores que a molécula original. Se for completa, a transformação dos agrotóxicos terá como produtos finais dióxido de carbono, água e sais minerais.

A preocupação quanto aos danos dos agrotóxicos à saúde humana recai em potenciais efeitos como carcinogênese, mutagênese, teratogênese, neurotoxicidade, alterações imunológicas e na reprodução, além de desregulações endócrinas. Os efeitos nos organismos terrestres e aquáticos podem levar à morte de indivíduos, podendo comprometer algumas espécies, resultando na alteração da dinâmica bioquímica natural e na mudança do funcionamento de todo o ecossistema afetado.

Os agrotóxicos são moléculas sintetizadas para afetar determinadas reações bioquímicas de insetos, microrganismos, animais e plantas que se quer controlar ou eliminar, mas determinados processos bioquímicos são comuns a todos os seres vivos e, assim, o efeito pode então atingir não só o organismo alvo, como também outros seres do ambiente. Os efeitos dos agrotóxicos nem sempre são isolados, pois as comunidades têm interações recíprocas de dependência ou cooperação, e a ação sobre uma determinada população pode afetar todo o funcionamento de um ecossistema (SPADOTTO et al., 2004).

A ecotoxicidade, assim como a toxicidade humana, seja aguda ou crônica, é muito variável entre os agrotóxicos. Produtos muito tóxicos para um organismo pode não ser para outros. Além disso, organismos muito sensíveis a um dado agrotóxico podem não ser expostos a ele em concentrações ou doses superiores aos níveis tóxicos. A exposição pode ser expressa como a co-ocorrência, que é a presença do agrotóxico no habitat do organismo, ou como contato entre o agrotóxico e o organismo. Alguns organismos possuem grande capacidade de bioacumular substâncias químicas, caracterizando o processo de bioacumulação ou bioconcentração.

Agrotóxicos, como produtos formulados, são obtidos a partir de produtos técnicos ou de pré-misturas. Produtos técnicos, por sua vez, têm nas suas composições teores definidos de ingredientes (ou princípios) ativos e de impurezas, podendo conter ainda estabilizantes e produtos relacionados. Não considerar todos os

componentes originais e os produtos de degradação com importância ambiental pode levar a erros na avaliação ambiental dos agrotóxicos.

A INTERDISCIPLINARIDADE

A complexidade precisa ser tão ampla e profundamente entendida para que sua representação possa ser simplificada. Assim, sistemas naturais complexos podem ser representados por modelos simples e poucos parâmetros, desde que incorporem os processos dominantes do seu funcionamento.

Precisa-se caminhar para além dos trabalhos disciplinares, que contemplam somente uma área do conhecimento, passando pela multidisciplinaridade e chegando à interdisciplinaridade. Se um único especialista pode realizar um bom trabalho restritamente na sua área de atuação, o entendimento dos fenômenos e a efetiva solução de problemas dependem do seu envolvimento em um grupo multidisciplinar no qual a interdisciplinaridade (ou, se possível, a transdisciplinaridade) possa ser praticada. Torna-se necessário conciliar, em diferentes níveis, a visão especialista e verticalizada em uma disciplina com a visão generalista e horizontalizada entre as várias disciplinas. Essas duas visões não são contrárias e sim complementares e, portanto, em uma abordagem integrada, uma não deveria ser adotada sem a outra.

Um ponto crucial no estudo de um fenômeno complexo, como a avaliação ambiental de agrotóxicos, é a definição do foco do trabalho e, por consequência, a identificação dos processos mais importantes e dominantes. O sistema a ser abordado com maior atenção precisa ser delimitado e caracterizado quanto aos seus componentes e às interações entre eles, assim como as relações do sistema focado com o meio devem ser consideradas. Portanto, quando se quer estudar o comportamento e o destino ambiental de agrotóxicos com ênfase nos processos que ocorrem no solo pode se orientar pela representação esquemática contida na Figura 2, onde se considera com mais detalhe os componentes e as suas interações naquele compartimento, sem se esquecer das entradas e saídas do sistema.

A avaliação ambiental de agrotóxicos, como toda a área ambiental, é caracterizada pela variedade de disciplinas envolvidas e pelas interfaces entre elas e com outras áreas do conhecimento, que conferem uma grande complexidade. Somente o conhecimento aprofundado, adquirido pela prática da interdisciplinaridade, aliado à capacidade de discernimento e de simplificação consciente podem resultar no avanço metodológico, científico e tecnológico consistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSER, H.R. Atrazine and other s-triazine herbicides in lakes and in rain in Switzerland. **Environ. Sci. Technol.**, v. 24, p. 1049-1058, 1990.

DORES, E.F.G. de C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, v. 9, p. 1-18, 1999.

FUNARI, E.; DONATI, L.; SANDRONI, D.; VIGHI, M. Pesticide levels in ground water: value and limitations of monitoring. In: VIGHI, M.; FUNARU, E. (Eds.). **Pesticide risk in groundwater**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995. p. 3-44.

GEBLER, L.; SPADOTTO, C.A. Comportamento ambiental de herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 57-87.

GLOTFELTY, D.E.; SEIBER, J.N.; LILJEDAHN, L.A. Pesticides in fog. **Nature**, v. 325, p. 602-605, 1987. 1987.

GREGOR, D.J.; GUMMER, W.D. Evidence of atmospheric transport and deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Canadian arctic snow. **Environ. Sci. Technol.**, v. 23, p. 561-565, 1989.

GROVER, R.; WOLT, J.D.; CESSNA, A.J.; SCHIEFER, H.B. Environmental fate of trifluralin. **Rev. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 153, p. 1-64, 1997.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A.; WANTZEN, M.; SILVA, C.J.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment, and rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil. **J. Environ. Qual.**, v. 31, p. 1636-1648, 2002.

SCHOMBURG, C.J.; GLOTFELTY, D.E. Pesticide occurrence and distribution in fog collected near Monterrey, California. **Environ. Sci. Technol.**, v. 25, p. 155-160, 1991.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. de. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42).

WEBER, J.B.; WEED, S.B. Effects of soil on the biological activity of pesticides. In: GUENZI, W.D., ed. **Pesticides in soil & water**. Madison, Soil Science Society of America, 1974. cap. 10, p. 223-256.