

CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR PESTICIDAS

Mara Mercedes de Andréa

Centro de Proteção Ambiental

Instituto Biológico

São Paulo - SP

RESUMO

O solo pode ser contaminado por pesticidas após aplicações diretas ou, indiretamente, através de aplicações nas culturas. No ambiente edáfico os resíduos passam por transformações ou processos físicos, químicos, biológicos, ou combinação deles, que podem determinar desde seu desaparecimento, até o aparecimento de metabólitos mais tóxicos do que o composto originalmente aplicado, ou ainda, maior persistência nesse ambiente. Porém, reconhece-se atualmente que a grande variedade de microrganismos presentes no solo é potencialmente capaz de biodegradar pesticidas até produtos simples que podem entrar nos ciclos biogeoquímicos da natureza.

O uso de pesticidas se deve às necessidades de controle de pragas e doenças que atacam culturas de interesse agrônômico onde o controle biológico ainda não é comercialmente viável. Este uso deveria idealmente ocorrer em condições controladas, isto é, que possibilitassem a produção agrícola e, ao mesmo tempo, mantivessem as condições do ambiente. Mas, muitas vezes não é assim que acontece e após aplicações sobre as plantações, para controlar vetores de doenças animais, vegetais ou humanas; controlar pragas (insetos, fungos, bactérias, etc.) das próprias plantações, e para controlar a competição entre as culturas de interesse e as ervas daninhas, o solo pode ser contaminado não intencionalmente.

Ao entrar no agroecossistema, os resíduos de pesticidas podem passar por vários processos que afetam diferentes compartimentos daquele ambiente agrícola. Por exemplo, a atmosfera do agroecossistema pode ser contaminada por evaporação de resíduos dos pesticidas da superfície da cultura ou do solo contaminados. As águas superficiais ou subterrâneas podem ser afetadas por es-

coamento superficial (ou "runoff") de superfícies de solo contaminado, assim como por material de erosão também contendo solo contaminado, e arraste até águas superficiais. Outra possibilidade de contaminação das águas subterrâneas de ambiente agrícola se dá através da lixiviação de pesticidas pelo perfil do solo até águas subterrâneas, etc.

O solo, por sua vez, pode ser contaminado direta ou indiretamente através de aplicações nas culturas, queda de folhagem tratada e movimento de águas contaminadas na sua superfície e no seu perfil. Atualmente considera-se que a contaminação de solos é um dos principais problemas ambientais.

Além disso, o solo é o compartimento do agroecossistema considerado mais complexo e cuja probabilidade de contaminação por pesticidas é a maior - exatamente porque é onde as aplicações são feitas, ou onde cai a folhagem tratada ou água de chuva que lavou a superfície dessa folhagem tratada. Os resíduos podem interagir com as fases sólida, líquida e gasosa, e com a porção viva do solo, isto é, com a microbiota. Estas interações determinarão a ocorrência de diferentes processos que envolvem transformações químicas, físicas, biológicas ou a combinação dessas transformações. Como consequência pode-se detectar ou desaparecimento do composto, ou aparecimento de metabólitos mais ou menos tóxicos que o produto original, ou persistência aumentada, que irão determinar a utilidade do composto ou efeitos prejudiciais causados pela persistência mais longa do que seria necessário para o controle, ou ainda, transporte maior ou menor no próprio solo.

O exemplo mais importante de transformação físico-química de resíduos de pesticidas é o que



envolve o processo de adsorção da molécula do agrotóxico na matéria particulada do solo (matéria orgânica e argila, principalmente), reduzindo a concentração do composto na solução e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade do composto para o ataque microbiano. Além disso, o processo de adsorção, por imobilizar mesmo que temporariamente o composto, pode também diminuir o transporte das substâncias por lixiviação.

Como efeito de transformação química cita-se o efeito do pH que determina, muitas vezes, a prevalência de degradação da molécula por processo puramente químico. Mas, o pH do solo também tem efeito bioquímico, pois influencia a atividade microbiana e, desta forma, conforme o pH do meio haverá ou não predominância de atividade microbiana atuando sobre a degradação de pesticidas.

Os processos de transformação e desaparecimento dos pesticidas no solo dependem tanto das características do próprio solo, como das características físico-químicas das substâncias, pois moléculas de peso molecular muito alto ou elementos halogenios e/ou anéis aromáticos altamente condensados por exemplo, são mais persistentes. A persistência depende também da eficiência de processos físicos de transformação, tais como, evaporação, lixiviação, erosão e absorção pelas culturas. A taxa pela qual o composto está disponível na solução do solo pode ainda determinar maior ou menor persistência por influenciar nos processos bióticos ou abióticos de degradação.

Há algumas evidências de que pré-tratamentos de solos contaminados com surfactantes podem aumentar a solubilidade do pesticida e então, tornar a biodegradação mais fácil. Isto é, a quebra de uma substância em produtos menores por ação de microrganismos ou de suas enzimas é facilitada quando o composto está disponível na solução do solo.

De qualquer forma, a degradação dos compostos aplicados e sua conversão em outros produtos não significam necessariamente perda da atividade biológica e, muitas vezes, essa conversão pode resultar em produtos ainda mais tóxicos ou ativos. Sómente a conversão total ou mineralização da substância em elementos ou compostos amplamente distribuídos na natureza e que podem entrar nos ciclos biogeoquímicos, é que representa descontaminação.

Sabe-se porém, que a maioria dos compostos orgânicos adicionados ou que atingem o solo terá taxas de degradação diminuídas na ausência de microrganismos, mas, de modo geral, o ambiente edáfico oferece condições para proliferação de grande variedade de microrganismos. Estes, mesmo presentes em baixas concentrações, como no subsolo, podem exercer grandes efeitos catalíticos, pois o consórcio de várias espécies contém diferentes enzimas que podem atuar em diferentes etapas da degradação das moléculas xenobióticas.

Portanto, a importância da microbiota nos processos de degradação e descontaminação do solo é amplamente reconhecida, pois já se sabe que a biodegradação representa o principal processo de degradação de pesticidas. Fatores ambientais tais como temperatura, conteúdo de matéria orgânica, acidez, umidade e tipo de solo, que influenciam a atividade microbiana, influenciam também as taxas de degradação de pesticidas. Entretanto, reações químicas como hidrólise, por exemplo, podem ser pré-requisitos para o ataque microbiano. Desta forma, em muitas situações, a distinção entre processos puramente bióticos ou abióticos é difícil.

Assim, percebe-se que pode haver uma conjugação dos agentes físicos, químicos e biológicos de transformação e os processos decorrentes da ação desses agentes e que resultam em degradação dos pesticidas podem ocorrer simultaneamente. Mas, a compreensão do comportamento de substâncias tóxicas sob diferentes condições tem sido considerada essencial para se estar consciente dos possíveis efeitos adversos e de como eles podem ser minimizados. Neste último ponto é que se enfatiza a importância das pesquisas sobre os diferentes aspectos da contaminação de solos por pesticidas, e a importância dos programas de educação e conscientização sobre uso desses compostos, para controle do uso e preservação do ambiente edáfico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISLABIE, J. & LLOYD-JONES, G. A review of bacterial degradation of pesticides. *Aust. J. Soil Res.*, v. 33, p. 925-942, 1995.
- ANDRÉA, M.M. Dinâmica de agrotóxicos no ambiente.

- Jornal do Conselho Regional de Biologia CRB-1*, n. 20, p.6, 1995.
- GUENZI, W. (Ed.) *Pesticides in soil & water*. Soil Science Society of America, 1974. 562p.
- FÜHR, F.; STEFFENS, W.; MITTELSTAEDT, W.; BRUMHARD, B. Pflanzenschutzmittel: gift in boden und grundwasser *Jahresber Kernforschungsanlage (KFA) 1988/89, Jülich*, p.11-21, 1989. Sonderdruck.
- HAQUE, R. & FREED, V.H. *Environmental dynamics of pesticides*. New York: Plenum Press, 1975. 387p.
- KOZAK, J. Soil organic matter as a factor influencing the fate of organic chemicals in the soil environment. In: PICCOLO, A. (Ed.) *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier Science, 1996. Cap. 16, p.625-664.