

CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA PELO USO DE AGROTÓXICOS

Gerusa Pauli Kist Steffen^{1*}, Ricardo Bemfica Steffen², Zaida Inês Antonioli³

1, 2, 3 Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS
Avenida Roraima, n. 1000, CEP 97105-900

*E-mail: ge.pauli@yahoo.com.br

Recebido em 26 de abril de 2011.
Aceito em 30 de junho de 2011.

RESUMO

O aumento da população mundial e a necessidade de elevar a produção de alimentos revolucionaram as técnicas utilizadas na agricultura. Uma das mais importantes mudanças que ocorreram na forma e nos meios de produção agrícola foi a utilização de agrotóxicos, produtos estes utilizados para o controle de insetos, doenças e plantas invasoras que prejudicam o desenvolvimento das culturas. No entanto, a intensa aplicação destes insumos nas áreas agrícolas tem ocasionado a contaminação e poluição do solo, da água e do ar, recursos estes indispensáveis para a sobrevivência humana e animal no Planeta. Nas últimas décadas, verificou-se um aumento da preocupação mundial a respeito do impacto que determinadas práticas causam ao meio ambiente, dentre elas o uso abusivo de agrotóxicos. Estes quando aplicados nas culturas, normalmente atingem o solo e, dependendo das características edáficas, do produto utilizado e das condições ambientais, podem provocar a contaminação do ecossistema. Nesta revisão são abordados aspectos referentes à contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pelo decorrente uso de agrotóxicos nos sistemas agrícolas, bem como práticas e formas de manejo que visam a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Ecossistema, poluição, toxidez.

1 Introdução

O solo e a água são recursos naturais indispensáveis à sobrevivência da vida no planeta Terra, sendo a produção de alimentos dependente destes bens. A utilização de modernas técnicas nos sistemas de produção agrícola provocou a introdução de uma grande variedade de substâncias sintéticas no meio ambiente. Dentre estas substâncias, os agrotóxicos recebem grande destaque, além de representarem um risco ambiental quando manejados de forma incorreta pelo homem.

A preocupação com a degradação, contaminação e poluição do solo e da água do Planeta vem crescendo nas últimas décadas [1, 2]. No entanto, a preocupação de cientistas do solo com o uso intenso de moléculas de agrotóxicos na agricultura surgiu tão logo estes insumos começaram a ser utilizados [3].

Os países do hemisfério norte começaram a se preocupar com as questões ambientais há mais de 40 anos. Em 1975, estudos realizados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos apontaram a presença de 154 compostos orgânicos presentes na água que supria as cidades ao longo dos rios Ohio, Potomac e Mississipi. Quinze anos mais tarde, essa mesma Agência publicou um relatório sobre a ocorrência de agrotóxicos em águas que supriam as comunidades norte-americanas, o qual apontou a presença de concentrações detectáveis de agrotóxicos na água em cerca de 10% das comunidades, sendo que mais de 50% delas apresentaram concentrações detectáveis de nitratos [1], evidenciando-se o impacto ambiental resultante da utilização de defensivos agrícolas em larga escala, alcançando a obscura qualificação de ambiente poluído.

Os termos contaminação e poluição apresentam diferentes significados. Um ambiente é considerado contaminado por algum elemento, quando houver aumento de suas concentrações em relação às concentrações naturais, enquanto que um ambiente é considerado poluído quando as concentrações de um determinado elemento encontram-se em níveis que afetam os componentes bióticos do ecossistema, comprometendo sua funcionalidade e sustentabilidade [4].

O processo produtivo agrícola tem ocasionado um aumento na utilização de agrotóxicos com moléculas de ação biocida, tais como inseticidas, fungicidas, herbicidas e nematicidas, buscando o controle de insetos pragas, doenças e plantas invasoras que, inevitavelmente, causam danos econômicos nas lavouras [5]. Além do princípio ativo tóxico, muitos destes produtos apresentam elementos ou compostos potencialmente poluidores, como metais pesados, surfactantes, emulsificantes, entre outros [1].

Não há dúvidas de que a descoberta do potencial de algumas substâncias organossintéticas para o controle de insetos, plantas daninhas e fitopatógenos (fungos) indesejáveis aos cultivos agrícolas proporcionou a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo, assim como o aumento da produção de alimentos. Talvez por isso, os agrotóxicos tenham se tornado os insumos mais utilizados na produção agrícola de larga escala, tendo seu uso se intensificado com a Revolução Verde, em meados da década de 70 [3], contribuindo para a contaminação do solo e da água. Como o solo reage lentamente às ações dos agentes externos, muitas vezes esconde o iminente perigo de substâncias e elementos nocivos que podem, freqüentemente,

atingir os seres vivos e provocar a poluição das águas de maneira geral [2].

Segundo Sabik et al [6], dependendo das condições climáticas no momento da aplicação destes defensivos agrícolas as culturas, apenas uma pequena porcentagem destes produtos atingirá efetivamente o alvo, passando o restante a ser considerado um xenobiótico com alto potencial de se mover para outros locais, vindo a se depositar sobre plantas, solo ou ambientes aquáticos, resultando em acúmulos em determinados ecossistemas.

O solo e as águas superficiais e subterrâneas podem ser contaminados e, posteriormente, poluídos por íons ou compostos de natureza orgânica ou inorgânica oriundos da deposição de substâncias e/ou compostos alóctones ao ambiente. Entre os contaminantes inorgânicos, encontram-se os oriundos das práticas agrícolas como o nitrato, o fosfato, os metais pesados, além dos resíduos industriais provindos da fabricação de tintas, fertilizantes, produtos farmacêuticos, resíduos da atividade de termelétricas, mineração e metalurgia. Os contaminantes de natureza orgânica mais comuns são os agrotóxicos, os lodos de estações de tratamento de efluentes (ETE), resíduos petroquímicos, lixo doméstico, resíduos de agroindústrias de curtumes, entre outros [1]. Neste trabalho, será dada ênfase aos aspectos relacionados à contaminação do solo e da água pelo uso específico de agrotóxicos.

2 Aplicação de agrotóxicos nos sistemas agrícolas

O sistema solo é palco de reações complexas que lhe impõe uma vasta e complexa dinâmica física, química e biológica, tanto dos seus constituintes minerais e orgânicos, quanto dos elementos que lhe são adicionados constantemente. Em função de suas características e propriedades, os solos apresentam grande capacidade de decomposição ou inativação de substâncias potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, sendo por isso, muitas vezes utilizado como meio de descarte ou reciclagem de materiais poluentes [2]. No entanto, o uso intensivo ou inadequado de agrotóxicos tem ocasionado a contaminação dos recursos naturais, com possíveis efeitos negativos na saúde humana e animal.

O solo é capaz de absorver grandes quantidades de contaminantes sem sofrer grandes transformações. Entretanto, com o passar do tempo, estas transformações são quase sempre irreversíveis e os danos causados ao meio ambiente são de difícil recuperação [2]. Neste sentido, para que um solo possa ser utilizado corretamente como meio para o descarte de materiais poluentes, deve apresentar algumas características apropriadas para evitar a percolação destes resíduos no perfil do solo e eventual contaminação de águas subterrâneas. Entre estas características, destacam-se a presença de matéria orgânica e de óxidos de ferro, alumínio e manganês, capazes de complexar e reter diversos metais e moléculas orgânicas [1].

A grande reatividade dos constituintes do solo torna este ambiente propício à ocorrência de uma série de reações, as quais

podem inativar íons (reações de adsorção, complexação ou precipitação) e decompor compostos orgânicos, desdobrando-os em compostos menos tóxicos ou atóxicos aos organismos vivos. Além disso, muitos compostos orgânicos podem desaparecer no ambiente através de processos como a volatilização (compostos de baixo peso molecular), lixiviação, degradação microbiana e diversas reações químicas [1]. Entretanto, existem produtos tóxicos não biodegradáveis, os quais podem ser facilmente transferidos a outros organismos vivos ao longo da cadeia alimentar com perdas mínimas. Neste caso, os últimos níveis da cadeia alimentar poderão apresentar maior quantidade de produto tóxico no organismo [1].

Nos sistemas agrícolas, o solo sofre influência direta da utilização de agrotóxicos nas culturas, principalmente em sistemas inadequados de cultivo de solo. De acordo com Merten e Minella [7], a contaminação do solo e da água pode ser acentuada em áreas manejadas em sistema de preparo convencional, ou seja, em situações em que os solos são submetidos a preparos intensivos e manejados sem a presença de resíduos orgânicos na superfície. Nestas condições, o solo fica mais suscetível à degradação de sua estrutura e, conseqüentemente, à erosão e ao escoamento superficial.

A erosão do solo é o processo que mais claramente causa impacto ao homem em função da sua ação visivelmente devastadora, o que a torna o foco de atenção conservacionista nos países do hemisfério norte e, também, em muitos países em desenvolvimento. No entanto, os impactos causados pela degradação química do solo são tão importantes quanto os impactos causados pela erosão, mas poucas vezes são notados em um curto espaço de tempo [2], vindo a se manifestar ao longo de um histórico de utilização e deposição de produtos químicos. Segundo o mesmo autor, a degradação química é considerada qualquer impacto negativo causado pela acumulação de elementos e substâncias tóxicas, bem como pela deterioração de processos químicos que regulam os processos vitais do solo.

3 Destino das moléculas de agrotóxicos nos ecossistemas

A partir do momento em que a molécula de um determinado agrotóxico é aplicada no ambiente, independentemente da forma de aplicação, na maioria dos casos, atinge o solo [3]. Neste ambiente, a molécula pode seguir diferentes rotas, atingindo diferentes ecossistemas e interferindo na dinâmica de inúmeros seres vivos.

O acúmulo de resíduos de agrotóxicos no solo ocorre nas camadas superficiais, as quais abrigam uma vasta biodiversidade de organismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes e das quais as plantas retiram os nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento [8]. No momento da utilização, os agrotóxicos podem ser depositados no solo por várias formas, sendo elas: 1) pela aplicação direta do produto utilizado no controle de insetos, doenças ou plantas daninhas; 2) através da utilização de água contaminada para aplicação de produtos químicos ao solo; 3) contaminação pelo contato do solo com

embalagens contaminadas, depositadas indevidamente sem a realização da tríplice lavagem; 4) contaminação através da deriva de produtos aplicados sobre as culturas, principalmente quando tal aplicação é realizada via pulverização aérea; 5) deposição sobre o solo devido à volatilização e posterior precipitação, processo que pode ocorrer com algumas classes de herbicidas; e 6) pela contaminação do solo proveniente da dessecação de culturas de cobertura e sua posterior incorporação.

O estudo do movimento de agroquímicos no perfil do solo envolve muitos fatores [9], sendo o destino das moléculas de agrotóxicos no sistema solo extremamente dependente das propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo, das propriedades físico-químicas das moléculas de cada produto e das condições meteorológicas do ambiente [10, 3, 1].

Dependendo das condições climáticas e das características de determinado agrotóxico, bem como de seu residual no ambiente, este pode infiltrar no solo juntamente com a água de precipitação, percolando no perfil ou escorrer superficialmente até cotas mais baixas do terreno. Segundo Ramalho et al [11], quanto menor a declividade e mais freqüentes as aplicações de determinado produto, maior será o acúmulo deste produto no solo.

De acordo com Hunter e Stabe [12], o movimento de agrotóxicos no ambiente edáfico ocorre por meio de difusão e pelo fluxo de massa em água. Este movimento está associado às transformações químicas e biológicas e a processos de adsorção e persistência do produto [13]. Além dos mecanismos de difusão e fluxo de massa, o movimento de alguns agentes químicos no solo pode se dar também por meio de bioacumulação nos organismos vivos ou pela biomagnificação, através da transferência dos compostos pela cadeia alimentar [14].

Segundo Costa et al. [1], dentre as propriedades do solo que interferem na retenção e degradação dos agrotóxicos, encontram-se os teores de matéria orgânica, argila e óxidos de ferro e manganês, pH, capacidade de troca de cátions, área superficial específica, porosidade, teor de umidade, presença e diversidade de microrganismos, os quais representam um complexo enzimático operante e específico. A matéria orgânica humificada, devido às suas características e grupos funcionais, atua como tampão, trocador de íons, surfactante, agente quelante ou como um absorvente geral. Os constituintes minerais e orgânicos dos solos têm capacidade para adsorver moléculas orgânicas com maior ou menor intensidade, dependendo da força de interação entre a superfície reativa e o íon ou molécula reagente.

De acordo com Lavorenti et al. [3], as principais propriedades físico-químicas das moléculas de agrotóxicos relacionadas ao seu comportamento no ambiente são: solubilidade em água, pressão de vapor, coeficiente de partição n-octanol-água, constante de ionização ácido ou base e constante da lei de Henry.

No ambiente edáfico, as propriedades químicas das moléculas de agrotóxicos, como natureza e caráter ácido ou

básico dos grupos funcionais, tamanho e forma das moléculas, polaridade e carga, controlam a adsorção e dessorção destas moléculas orgânicas no ambiente. Por exemplo, a atividade dos herbicidas diquat® e paraquat® no solo, produtos altamente solúveis em água devido a sua natureza iônica, é muito influenciada pela presença de argilominerais e matéria orgânica. Em solos que apresentam elevado teor de colóides minerais e orgânicos, a atividade destes herbicidas pode ser imediatamente reduzida devido às reações de troca de cátions, onde as moléculas catiônicas dos herbicidas diquat e paraquat são adsorvidas nos sítios de carga negativa dos argilominerais, ocupando o lugar de íons catiônicos como o cálcio, por exemplo [1].

A solubilidade de um agrotóxico em água refere-se à quantidade máxima da molécula (pura) que pode ser dissolvida em água a uma determinada temperatura. A influência da temperatura na solubilidade dos agrotóxicos depende do estado físico em que estes se encontram. Se o produto estiver no estado líquido, a temperatura tem pequena influência na sua solubilidade, podendo esta, no máximo, dobrar o seu valor com o aumento da temperatura. Porém, se o agrotóxico estiver no estado sólido, o aumento da temperatura provoca o aumento da sua solubilidade, enquanto que, se o mesmo estiver no estado gasoso, o aumento da temperatura provoca a redução da solubilidade do agrotóxico [15].

Neste sentido, no sistema solo, a molécula de um determinado agrotóxico pode ser retida pelos colóides minerais e orgânicos e a partir daí passar para formas indisponíveis, ou ser novamente liberada para a solução do solo, através de um processo denominado dessorção. A molécula também pode ser transformada em outras, chamadas de produtos de transformação ou metabólitos. Para muitas moléculas de agrotóxicos, o ponto final dessa transformação é a mineralização a gás carbônico, água e íons minerais, o que acontece normalmente, via ação de microrganismos. Quando a molécula se encontra na solução do solo, pode ser absorvida pelo sistema radicular das plantas, lixiviada para camadas mais profundas do perfil do solo, podendo atingir águas subsuperficiais, ou ainda ser volatilizada. Todos esses processos ocorrem simultaneamente no solo, em intensidades diferentes [3] e estão representados na figura 1.

Após a aplicação dos agrotóxicos nas culturas, o destino das moléculas destes produtos será determinado pela retenção, transporte e/ou transformação desses compostos químicos liberados no meio ambiente [16-17]. A retenção, o transporte e, indiretamente, a transformação são processos basicamente influenciados pelo fenômeno da sorção. Este fenômeno decorre da partição do agrotóxico entre a fase sólida e a solução do solo, sendo dependente das propriedades físico-químicas dos colóides do solo e do agrotóxico [18].

Alguns atributos do solo são importantes para determinar o potencial de produtos químicos em contaminar aquíferos subterrâneos, dentre eles, o tipo de solo, sua estrutura, textura, agregação e capacidade de infiltração e armazenamento de água podem determinar a percolação em profundidade. Solos

argilosos, profundos e bem estruturados representam uma barreira físico-química à percolação de água em profundidade e, conseqüentemente, limita o arraste de contaminantes [3].

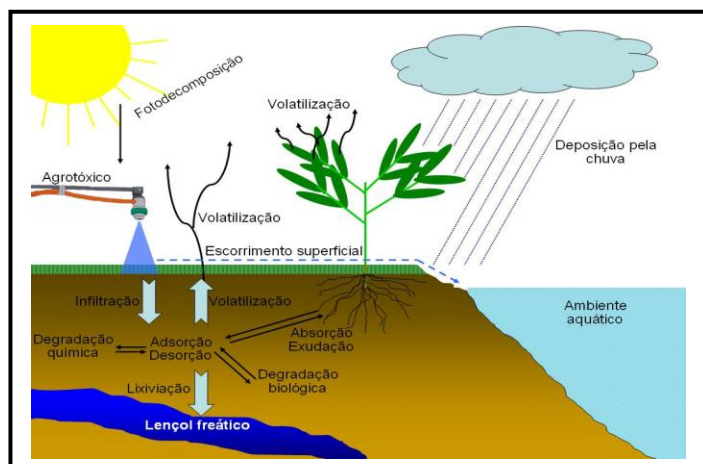


Figura 1 - Representação dos processos que podem ocorrer com uma molécula de agrotóxico a partir do momento em que esta é adicionada ao sistema solo. Adaptado de Lavorenti et al. (2003).

Estes atributos foram testados e comprovados por Filizola et al. [5] os quais demonstraram que a parte confinada do aquífero Guarani não se encontrava contaminada devido às características de textura e estrutura do solo da região de estudo.

Segundo Brigante et al [19], a percolação de agrotóxicos no solo até pontos onde existem reservatórios de água se dá via fraturas e poros existentes nas rochas ou no solo, os quais se caracterizam como formas de acesso destes contaminantes.

Embora alguns estudos mostrem que a presença de agrotóxicos utilizados na agricultura é de baixa porcentagem nas águas subterrâneas, produtos com alta mobilidade no solo estão sendo detectados nestas águas subterrâneas principalmente nas zonas rurais [20, 21], sendo responsáveis por contaminações tanto em animais como em humanos.

Segundo Andreoli e Ferreira [21], dos 400 princípios ativos distribuídos em 700 marcas comerciais de defensivos agrícolas utilizados no estado do Paraná, apenas 20 princípios ativos recebem algum tipo de monitoramento. Mas, segundo os mesmos autores, apenas 5 dos 20 princípios ativos continuam sendo comercializados. Sendo assim, os baixos índices de presença de agrotóxicos muitas vezes encontrados em amostras de água, tanto subterrâneas como superficiais, não refletem a real condição destas águas, devido à ineficácia das análises em detectar os princípios ativos na sua totalidade.

Goss [22] estabeleceu critérios para avaliar a possibilidade de um agrotóxico atingir águas superficiais ao ser utilizado na agricultura, onde estes produtos são divididos entre aqueles que podem ser transportados dissolvidos em água e aqueles que são transportados associados a sedimentos em suspensão.

Dores e De-Lamonica-Freire [20] realizaram um estudo com o objetivo de analisar a possibilidade de contaminação de diversos agrotóxicos utilizados na cidade de Primavera do Leste, MT. As autoras verificaram que existe um grande número de princípios ativos que podem ser transportados dissolvidos em água como: clorpirifós etil, lamda cialotrina, metomil, mancozeb, triadimefon, atrazina, metribuzina, simazina, flumetsulan, fomesafen, glifosato, imazetapir, imazoquin, metolaclor, clorimuron etil. Destes, somente os produtos clorpirifós etil, lamda cialotrina e mancozeb não são contaminantes potenciais de águas subterrâneas por apresentarem alta afinidade pela matéria orgânica do solo, podendo ser transportados superficialmente, tanto dissolvidos em água como associados ao sedimento. A trifluralina apresenta alto potencial para ser transportada associada a partículas de sedimentos, devido à sua elevada meia vida no solo, a qual é de aproximadamente 170 dias.

Dentre os cultivos agrícolas de maior impacto quanto à contaminação e poluição do ambiente aquático, a cultura do arroz irrigado apresenta conhecidamente alto potencial de deposição de agroquímicos. De acordo com Primel et al. [23], a quantidade de herbicidas utilizados nesta cultura influencia diretamente os níveis de herbicidas encontrados nas águas superficiais do entorno das lavouras. Segundo os mesmos autores, programas de gerenciamento e conscientização dos agricultores são necessários para reduzir a contaminação ambiental provocada pelo intenso uso de herbicidas nos cultivos de arroz irrigado.

4 Contaminação dos ecossistemas por metais pesados

Os metais pesados ocorrem de forma natural nos solos [24] e, conhecidamente, são depositados sobre estes por processos de mineração e manufatura de metais nobres, os quais, freqüentemente provocam a contaminação do ambiente por uma mistura de metais potencialmente tóxicos [25], dificultando a exploração econômica ou ecológica destes ambientes. Além destes geradores de contaminantes, a utilização excessiva de agroquímicos, fertilizantes e adubos orgânicos, os quais podem conter concentrações relativamente altas de metais pesados, vem causando degradação química dos solos [11].

Os metais pesados, embora em alguns casos sejam elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, sob determinada concentração podem atingir níveis de toxicidade, contribuindo negativamente no seu estabelecimento e desenvolvimento. No caso da presença excessiva de metais pesados no solo, além destes inibirem o crescimento de diversas plantas causando alterações nas comunidades vegetais, também exercem efeitos adversos sobre os microrganismos do solo, interferindo nas funções do ecossistema, com conseqüências ao meio ambiente e à saúde pública, visto que a contaminação dos sistemas biológicos por metais pesados, pode resultar em distúrbios como a oxidação do DNA, lesões pré-mutagênicas, erros de pareamento e de replicação, produzindo mutagênese, carcinogênese, teratogênese e morte celular de uma vasta gama de organismos [26-27].

Outra resultante da presença de metais pesados no solo é a perda da biodiversidade e da diminuição da fertilidade, exercendo uma pressão de seleção sobre a vegetação existente, dificultando a manutenção de povoamentos florestais, podendo ocasionar extinção da vegetação. Segundo Paiva et al. [28], este efeito deletério no crescimento vegetal ocorre em ambiente com excesso de metais está relacionado à indução pelos metais a distúrbios fisiológicos e nutricionais nas plantas.

Os metais pesados, constituintes de alguns agrotóxicos, não são biodegradáveis e têm sua toxicidade controlada pelas suas propriedades físicas e químicas [1]. Conhecer o comportamento destes elementos no solo é essencial para avaliar o impacto ambiental que a disposição de resíduos que contenham metais pesados pode provocar em solos agrícolas [29], sendo que a amplitude desse impacto relaciona-se diretamente com a habilidade do solo em reter esses metais [30].

No solo, os metais pesados podem estar nas formas solúvel, trocável, adsorvido especificamente, ligado a materiais orgânicos insolúveis ou precipitado. Segundo Accioly e Siqueira [31], entre os metais encontrados no solo, os de maior risco à contaminação ambiental são o cádmio, cromo, cobre, mercúrio e zinco, por causarem sérios problemas à saúde humana e possibilitarem a ocorrência de mutações genéticas.

Quando na forma solúvel, os metais pesados são facilmente absorvidos pelas plantas, podendo ser transferidos para outros níveis tróficos da cadeia alimentar e/ou lixiviados no solo, podendo atingir águas subterrâneas ou superficiais. De acordo com Brams e Anthony [32], a solubilidade dos metais é reduzida com o passar do tempo. Quando na forma trocável, encontram-se adsorvidos à matéria orgânica ou a minerais por forças eletrostáticas em sítios carregados negativamente. Os metais adsorvidos especificamente encontram-se adsorvidos covalentemente a sítios específicos, sendo liberados para o solo muito lentamente. Os metais pesados ligados a materiais orgânicos insolúveis encontram-se complexados com materiais orgânicos resistentes à degradação microbiana ou presentes em células recentemente mortas. Os metais precipitados podem estar na forma de carbonatos, sulfatos, fosfatos, hidróxidos, entre outros [1].

Os processos de adsorção/dessorção dos metais são controlados pelo pH, potencial redox, força iônica, íons competidores e pelos constituintes do solo, sendo a importância relativa destes fatores diferente para os diversos metais e condições físicas e químicas do sistema [1]. A disponibilidade desses elementos é dependente da condição de decomposição do solo, sendo o processo aeróbico muito mais eficiente do que o anaeróbico no processo de remoção da carga iônica [33].

5 Efeito do uso de agrotóxicos sobre os seres vivos

Além de contaminar o ar, o solo, as águas superficiais e subterrâneas, os agrotóxicos causam problemas à saúde do homem, seja pela exposição direta através do manuseio dos

produtos, ou da exposição indireta, representada pelos resíduos contidos em alimentos e água [34-35].

A poluição do solo e da água com resíduos de agrotóxicos provoca efeito em todos os seres vivos, independente do lugar que ocupam em uma cadeia alimentar. Entre as cadeias alimentares são conhecidas as diversas seqüências de alimentação que ocorrem nos ecossistemas. Tomando-se como exemplo os sistemas agroflorestais [36], as plantas são os produtores primários, que servem de alimento para uma diversidade de insetos (consumidores primários), os quais servem de alimento para outros organismos, como os pássaros e pequenos roedores (consumidores secundários). Estes animais, por sua vez, podem servir de alimento para outros, como, por exemplo, cobras e alguns anfíbios (consumidores terciários). Esta cadeia alimentar tem seu fim no nível mais alto do sistema, o qual é representado por grandes mamíferos, inclusive o homem.

Dentro de uma cadeia completa, existem também os decompositores, que são os responsáveis pela decomposição de animais e vegetais mortos, disponibilizando nutrientes ao solo, que serão novamente aproveitados pelos produtores primários (vegetais) completando-se o ciclo. As ligações entre as diversas cadeias alimentares formam as teias alimentares, que possuem os diversos níveis interligados de forma mais complexa. Sendo assim, a contaminação de um organismo representante de um nível trófico mais baixo de uma cadeia alimentar, poderá causar efeitos maléficis em organismos pertencentes a níveis tróficos mais elevados, devido ao efeito residual das moléculas xenobióticas ingeridas.

6 Considerações Finais

A manutenção dos índices atuais de produtividade dos cultivos agrícolas requer a utilização de produtos sintéticos que auxiliem o controle de insetos praga, doenças e plantas invasoras nas lavouras. No entanto, o uso de agrotóxicos pelo homem deve ser realizado de uma forma racional e responsável, visando a máxima proteção do meio ambiente. Neste sentido, segundo Camargo et al. [2], as estratégias agrícolas para a diminuição da contaminação e poluição dos recursos naturais solo e água devem buscar a redução do escoamento superficial e do uso de agrotóxicos nos cultivos. E a redução da poluição ambiental só será possível mediante a conscientização dos agricultores sobre a importância de preservar estes recursos naturais finitos, tão fundamentais para a sobrevivência humana no planeta Terra.

SOIL AND WATER CONTAMINATION BY THE USE OF PESTICIDES

ABSTRACT: The increase of the world population and the need to elevate food production improved the agriculture used techniques. One of the most important change that happened in the form and in the mean of agricultural production was pesticides. These products are used to control of insects, diseases

and weeds that damage the cultures development. However, the intense application of these in the agricultural areas has been causing the contamination and pollution of the soil, water and air. These resources are indispensable for the human and animal survival in the Planet. In the last decades an increase of the world concern was verified regarding the impact that certain practices cause to the environment among abusive use of pesticides. When applied in the cultures, the pesticides usually reach the soil and, depending on the edaphic and product characteristics and of the environmental conditions, these products could do the ecosystem contamination. In this review are approached to the contamination of the soil and superficial and underground waters for the current pesticides use in the agricultural systems, as well as practices and handling forms that help the environment preservation.

Keywords: Ecosystem, pollution, toxicity.

Referências

- [1] Costa, C.N.; Meurer, E.J.; Bissani, C.A.; Selbach, P.A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. Fundamentos de química do solo. 2 ed. Porto Alegre, **2004**. 290p.
- [2] Camargo, O.A. Uma visão política sobre contaminação de solos com metais pesados. **2007**. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/contaminacao/index.htm>. Acesso em: 23/6/2008.
- [3] Lavorenti, A.; Prata, F.; Regitano, J.B. Comportamento de pesticidas em solos – Fundamentos. In: Tópicos em Ciência do Solo, v.III, Viçosa: SBCS, **2003**. p.335-400.
- [4] Alloway, B.J. Heavy metals in soils. 2 ed. Glasgow: Blackie Academic, **1995**. 364 p.
- [5] Filizola, H.F.; Ferracini, V.L.; Sans, L.M.A.; Gomes, M.A.F.; Ferreira, C.J.A. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.5, p.659-667, **2002**.
- [6] Sabik, H.; Jeannot, R.; Rondeau, B. Journal of Chromatography, v.885, p.217-236, **2000**.
- [7] Merten, G.H.; Minella, J.P. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v.3, n.4, **2002**.
- [8] Costa, M.A.G.; Costa, E.V. Poluição ambiental: Herança para gerações futuras. Santa Maria: Orium, **2004**. 256p.
- [9] Tuon, R.L.; Monteiro, R.T.R.; Libardi, P.L.; Compte, V. Anais... Viçosa: UFV, **1995**. p.2404-2405.
- [10] Prata, F.; Lavorenza, A. Revista de Biociências, v.6, n.2, p.17-22, **2000**.
- [11] Ramalho, J.F.G.P.; Sobrinho, N.M.B.do.A.; Velloso, A.C.X. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.7, p.1289-1303, **2000**.
- [12] Hunter, V.H.; Stabbe, E.H. Weed Science, v.20, p.486-489, **1972**.
- [13] Barriuso, E.; Feller, C.; Calvet, R.; Cerri, C. Geoderma, v.53, p.155-167, **1992**.
- [14] Sisino, C.L.S.; Oliveira, R.M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Fiocruz, **2000**, 138p.
- [15] Schwarzenbach, R.P.; Gschwend, P.M.; Imboden, D.M. **Environmental organic chemistry**. New York, John Wiley & Sons, **1993**. 681p.
- [16] Oliveira, R.S.de; Constantin, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba:Agropecuária, **2001**, 362p.
- [17] Marchetti, M.; Luchini, L.C. Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.14, p.61-72, **2004**.
- [18] Evangelou, V.P. Environmental soil and water chemistry: principles and applications. New York: John Wiley & Sons, Inc., **1998**. 564p.
- [19] Brigante, J.; Espíndola, E.L.G.; Povinelli, J.; Eler, M.N.; Silva, M.R.C.; Dornfeld, C.B.; Nogueira, A.M. Avaliação ambiental do rio Mogigraçu: resultados de uma pesquisa com abordagem ecossistêmica. São Carlos, RIMA Editora, **2002**, 60p.
- [20] Dores, E.F.G.de.C.; De-Lamonica-Freire, E.M. Química Nova, v.24, n.1, p.27-36, **2001**.
- [21] Andreoli, C.V.; Ferreira, A.C. Revista SANARE. V. 10, n. 10, p.30-38, **1998**.
- [22] Goss, D.W. Weed Technology, v.6, p.701-708, **1992**.
- [23] Primel, E.G.; Zanella, R.; Kurz, M.H.S.; Gonçalves, F.F.; Machado, S.de.O.; Marchezan, E. Química Nova, v.28, n.4, p.605-609, **2005**.
- [24] Fadigas, F.de.S.; Sobrinho, N.M.B.do.A.; Mazur, N.; Anjos, L.H.C.dos; Frixo, A.A. Bragantia, v.61, n.2, 151-159p, **2002**.
- [25] Ribeiro Filho, M.R.; Curi, N.; Siqueira, J.O.; Motta, P.E.F. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, 453-464, **1999**.
- [26] Malik, A. Environment International, v.30, p.261-278, **2004**.
- [27] Grisolia, C.K. **Agrotóxicos: mutações, câncer e reprodução**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, **2005**. 388p.
- [28] Paiva, H.N. et al. Revista Ciência Florestal, v.11, n.2, p.153-162, **2001**.
- [29] Canet, R. Pomares, F.; Tarazona, F. Soil Use Management, v.13, p.117-121, **1997**.
- [30] Silveira, M.L.A.; Alleoni, L.R.F.; Guilherme, L.R.G. Scientia Agricola, v.60, p.793-806, **2003**.
- [31] Accioly, A.M.A.; Siqueira, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: Tópicos em ciência do solo, v.1, Viçosa: SBCS, **2000**. p.299-352.
- [32] Brams, E.; Anthony, W. Plant Soil, v.109, p. 3-8, **1988**.
- [33] Júnior, C.H.A.; Boaretto, A.E.; Muraoka, T.; Kiehl, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e

produção vegetal. In: Tópicos em Ciência do Solo, v.IV, Viçosa: SBCS, **2005**, p.391-470.

[34] Nemeth-Konda, L.; Füleky, G.; Morovjan, G.; Csokan, P. Chemosphere, p.545-552, **2002**.

[35] Lima, L.M.; Watrin, O.dos.S.; Pessoa, M.C.Y.; Pereira, A.S.; Campinas, D.do.S.N.; Figueiredo, R.de.O.; Costa, F.R.da. Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril **2007**, INPE, p. 3397-3404.

[36] Coleman, D.C.; Crossley, D.A.Jr. Fundamentals of soil ecology. Academic Press, Boston, **1995**, 204p.