

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO TRANSPORTE DE AGROTÓXICOS NO AMBIENTE

Claudio Aparecido Spadotto

Embrapa Meio Ambiente

Rod. SP 340, km 127,5 - C. Postal 69 - 13.820-000 - Jaguariúna, SP

E-mail: spadotto@cnpma.embrapa.br

RESUMO

Os agrotóxicos, além de protegerem as culturas agrícolas, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. Eficiência agronômica e segurança ambiental de agrotóxicos estão estreitamente relacionadas e dependem das condições meteorológicas durante e depois da aplicação desses produtos. Qualquer quantidade do agrotóxico que não atinja o alvo não terá o efeito desejado e representará uma forma de perda e, conseqüentemente, uma fonte de contaminação ambiental. Assim, é fundamental verificar se a tecnologia de aplicação está adequada às condições meteorológicas. Após a sua aplicação, o destino do agrotóxico no ambiente é governado por processos de retenção, transformação e transporte. Resíduos de agrotóxicos em vários compartimentos ambientais têm sido relatados na literatura e esse trabalho trata dos processos de transporte relacionados, como dependentes das condições meteorológicas.

Palavras-chave: Agrotóxico, Condições Meteorológicas, Eficiência Agronômica, Segurança Ambiental.

ABSTRACT

Pesticides, besides protecting crops, can lead to health and environmental risks. Agronomic efficiency and environmental safety of pesticides are closely related and depend on weather conditions during and after their application. Any amount of pesticide not reaching the target presents no intended effect, and represents a loss and, consequently, an environmental contamination source. Thus, it is necessary to verify whether application method is suitable for weather conditions. After its application, environmental fate of a pesticide is governed by retention, transformation, and transport processes. Residues of pesticides in different environmental compartment have been reported in literature and this work deals with related transport processes, as dependent on weather conditions.

Key words: *Pesticide, Weather Conditions, Agronomic Efficiency, Environmental Safety.*

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

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 (Spadotto et al., 1996).

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 o aumento 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, em um processo conhecido como Revolução Verde.

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 (Spadotto et al., 2004).

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, nematicidas, 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.

2. EFICIÊNCIA AGRÔNOMICA E SEGURANÇA AMBIENTAL

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. Em consequência, apresenta 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 consequência, mudanças no funcionamento do ecossistema afetado.

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). Em um trabalho de revisão, Pimentel e Levitan (1991) levantaram que, da quantidade de agrotóxicos aplicada, menos que 0,1% chega ao alvo.

Os métodos de aplicação de agrotóxicos podem ser por via sólida, líquida e gasosa. A aplicação por via sólida é feita através de grânulos, sendo que os pós não são mais usados na agricultura. Os grânulos são aplicados no solo e são compostos por partículas suficientemente pesadas para resistirem à ação do vento. 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. Há casos em que se faz a aplicação através de nebulização, com gotas muito pequenas que formam uma neblina.

Um fator fundamental para a eficiência agrônômica e, conseqüentemente, para a segurança ambiental dos agrotóxicos é a adequação da tecnologia de aplicação às condições meteorológicas. 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.

Quando se pensa em pulverização, na maioria dos

casos, umidade relativa do ar inferior a 50%, temperatura ambiente menor de 10°C e maior que 30°C (Antuniassi e Baio, 2004), e ventos abaixo de 3,2 km h⁻¹ e acima de 6,5 km h⁻¹, podem comprometer a sua eficiência.

A possibilidade de chuvas é um fator que deve ser observado antes de se iniciar ou para se interromper uma pulverização. O intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuva deve ser respeitada e depende das características do agrotóxico. No caso do orvalho, a presença de água nas folhas pode causar diluição do agrotóxico ou eventual escoamento.

A deriva causada pelo vento é um dos problemas mais comuns relacionados à aplicação de agrotóxicos. 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. Além disso, o solo aquecido durante o dia aumenta a temperatura do ar próximo à superfície, proporcionando um movimento ascendente da massa de ar, podendo ocasionar deriva de gotas finas.

3. TRANSPORTE E PRESENÇA DE AGROTÓXICOS NO AMBIENTE

Depois da aplicação de um agrotóxico, através dos diferentes métodos, vários processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos determinam seu comportamento (Figura 1). 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.

Além da variedade de processos envolvidos na determinação do destino ambiental de agrotóxicos,

Comportamento e Destino Ambiental

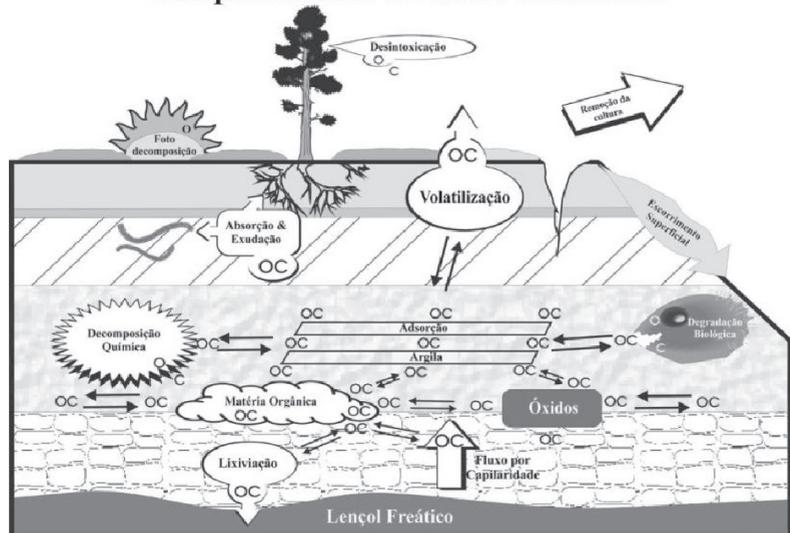


Figura 1: Representação esquemática dos processos envolvidos no comportamento e no destino ambiental dos agrotóxicos, com ênfase nos processos que ocorrem no solo. OC representa o agrotóxico.

FONTE: Adaptado de Weber e Weed (1974).

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, entre outros, podem afetar o destino de agrotóxicos no ambiente (Spadotto, 2002; Spadotto et al., 2004). 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.

Alguns agrotóxicos são aplicados diretamente no solo, e estima-se que mesmo aqueles aplicados visando as folhas das plantas acabam atingindo o solo, em cerca de 30% da quantidade aplicada. O agrotóxico pode ser sorvido pelas partículas do solo, permanecer dissolvido na água do solo, volatilizar-se, ser absorvido pelas plantas ou por organismos do solo, ser lixiviado ou carreado pela água das chuvas e sofrer decomposição química e biológica.

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.

A presença de agrotóxicos tem sido relatada em águas superficiais, subterrâneas e em água de chuva (Funari et al., 1995; Buser, 1990). Os 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).

O carreamento superficial, quando ocorre em poucos dias após a aplicação do agrotóxico, remove em torno de 1% da quantidade presente no solo (Wauchope, 1996), sendo que picos de concentrações em águas superficiais são registrados logo após eventos de chuva de alta intensidade (Watts et al., 2000). Carter (2000) encontrou, para a classe de herbicidas, perdas com relação à quantidade aplicada de menos de 0,001% até 0,25% por carreamento superficial. No entanto, dados preliminares (não publicados) de trabalho de monitoramento a campo no Brasil têm mostrado que até 2-3% e até cerca de 1% da quantidade aplicada são perdidos, carregados junto com as partículas de solo erodido e levados pela água escoada superficialmente, respectivamente.

Para fins ilustrativos, pode-se calcular que a aplicação de um agrotóxico na dose de 1 kg i.a./ha no cenário definido por Parker et al. (1995), assumindo uma perda total por carreamento superficial de 0,25% da quantidade aplicada, resultaria em uma Concentração Ambiental Estimada (CAE), em um “lago padrão”, de 1,25 µg/L. No entanto, uma perda de 3-4% implicaria em uma concentração aproximada de 15-20 µg/L.

Carter (2000) encontrou perdas de menos de 1% até 5% por lixiviação de herbicidas. Entretanto, Matallo et al. (2005) determinou que 52% da quantidade aplicada de um herbicida usado na cultura de cana-de-açúcar no Brasil lixiviou abaixo de 50 cm em um solo arenoso, durante um ano. No mesmo trabalho, um modelo matemático prevê que 96% da quantidade aplicada passa dos primeiros 12 cm (profundidade na qual seu efeito desejado de controle das plantas daninhas é esperado), em 67 dias.

Fazendo-se a estimativa preliminar da CAE na água subterrânea de um agrotóxico aplicado a 1 kg i.a./ha, sendo 5% perdidos por lixiviação, chegando a um aquífero poroso, ter-se-ia 5 µg/L. Porém, se elevar-se a perda estimada para 50% da quantidade aplicada, ter-se-ia uma CAE de 50 µg/L.

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. Laabs et al. (2002) alertaram para a importância do transporte aéreo de agrotóxicos em condições tropicais, devido às altas temperaturas.

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. Carter (2000) encontrou perdas de herbicidas por volatilização variando de menos de 2% até 90%.

A estimativa das CAEs a partir da deriva na pulverização é difícil e depende do método de aplicação usado. Na literatura, há uma recomendação técnica para se considerar até 5% de deriva no caso de pulverização por equipamento terrestre. Entretanto, Chaim (1999) relatou 35% de deriva em uma cultura de tomate com 40 cm de altura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, a eficiência agrônômica e a segurança ambiental do uso de agrotóxicos estão estreitamente relacionadas e dependem, entre outros fatores, das condições meteorológicas durante e depois da aplicação desses produtos. Se essa dependência não é observada, podem ocorrer perdas para o setor produtivo e riscos para o meio ambiente.

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 dos riscos ambientais dos agrotóxicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antuniassi, U. R.; Baio, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: Vargas, L.; Roman, E. S. (ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 145-184, 2004.

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

Carter, A.D. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. **Weed Research**, 40:113-122, 2000.

Chaim, A.; Valarini, P. J. Oliveira, D. A.; Morsoleto, R. V.; Pio, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 29 p, 1999. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 2).

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, p. 3-44, 1995.

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.; Liljedahl, L. A. Pesticides in fog. **Nature**, 325:602-605, 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.**, 23:561-565, 1989.

Grover, R.; Wolt, J. D.; Cessna, A. J.; Schiefer, H. B. Environmental fate of trifluralin. **Rev. Environ. Contam. Toxicol.**, 153:1-64, 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.**, 31:1636-1648, 2002.

Matallo, M. B.; Spadotto, C. A.; Luchini, L. C.; Gomes, M. A. F. Sorption, degradation, and leaching of tebuthiuron and diuron in soil columns. **J. Environ. Sci. and Health**, B40:39-43, 2005.

Parker, R. D.; Jones, R. D.; Nelson, H. P.; Geneec. A Screening Model for Pesticide Environmental Exposure Assessment. **Proc. of the International Exposure Symposium on Water Quality Modeling**; American Society of Agricultural Engineers, Orlando, FL, p. 485-490, 1995.

Pimentel, D.; Levitan, L. Pesticides: amount applied and amounts reaching pests. In: PIMENTEL, D. **CRC Handbook of pest management in agriculture**. 2nd. Ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1991. v. 1, p. 741-750.

Schomburg, C. J.; Glotfelty, D. E. Pesticide occurrence and distribution in fog collected near Monterrey, California. **Environ. Sci. Technol.**, 25:155-160, 1991.

Spadotto, C.A. Comportamento de pesticidas em solos brasileiros. **Boletim Informativo** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 19-22, 2002.

Spadotto, C.A.; Gomes, M.A.F.; Luchini, L. C.; Andrea, M. M. de. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. **Documentos**, 42).

Spadotto, C.A.; Gomes, M.A.F.; Rodrigues, G.S. Uso de agrotóxicos nas diferentes regiões brasileiras: subsídio para a geomedicina. In: Seminário sobre Interações Geomédicas, II, 1996, Areia, PB. **Anais**, p.65-76. Areia: UFPB/DPSER, 1996.

Watts, D.W.; Novak, J.M.; Johnson, M.H.; Stone, K.C. Storm flow export of metolaclor from a coastal plain watershed. **J. Environ. Sci. Health, Part B**, 35:175-186, 2000.

Wauchope, R.D. Pesticides in runoff: measurement, modeling, and mitigation. **J. Environ. Sci. Health, Part B**, v. 31, p. 337-344, 1996.

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, Cap. 10, p. 223-256, 1974.