

ORGANOCORADOS: UM PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA

ARACELI VERÔNICA FLORES *
JOSELITO NARDY RIBEIRO **
ANTONIO AUGUSTO NEVES ***
ELIANA LOPES RIBEIRO DE QUEIROZ ****

INTRODUÇÃO

A história da humanidade é marcada por uma quantidade inacreditável de prejuízos causados por pragas agrícolas. Relatos bíblicos descrevem grandes períodos de escassez causados por invasões de gafanhotos. Em tempos mais recentes, na Irlanda, por volta de 1845, milhares de pessoas morreram de fome em consequência da requeimada-batata, doença que dizimou os batatais daquela região. Em Bengala, na Índia, a fome foi causa da morte de inúmeras pessoas devido à doença causada por fungo, que matou mais de 50% das lavouras de arroz. Em 1870, no Ceilão, hoje Sri Lanka, a cultura de café foi devastada pela ferrugem e teve que ser substituída pela de chá. O Brasil presenciou a devastação da cultura de cacau pela vassoura-de-bruxa na região de Itabuna e Ilhéus, na Bahia, a qual, além de consequências econômicas, ocasionou sérios problemas sociais como o êxodo rural e o desemprego, e ecológicos, como a destruição de partes da Mata Atlântica (TURK, 1989; MAFFIA & MIZUBUTI, 1999; ZAMBOLIM, 1999).

Para combater essas pragas agrícolas, como também as que surgiram na pecuária, e encontrar um novo equilíbrio ecológico, foi introduzido o uso de certos produtos químicos, cujos número e eficácia não pararam de aumentar (SENENT, 1979).

* Departamento de Química Analítica, Laboratório B200-204, Instituto de Química, Unicamp. E-mail: araceli@iqm.unicamp.br

** Departamento de Química Analítica, Laboratório B200-204, Instituto de Química, Unicamp. E-mail: nariber@ig.com.br

*** Laboratório de Química Analítica Ambiental, Departamento de Química – Universidade Federal de Viçosa – MG. E-mail: aneves@ufv.br

**** Laboratório de Química Analítica Ambiental, Departamento de Química – Universidade Federal de Viçosa – MG. E-mail: meliana@ufv.br

Recebido em 14/04/2004 – Aceito em 07/08/2004.

Esses produtos, conhecidos como pesticidas, substâncias usadas em agropecuária e em saúde pública, abrangem os inseticidas, os herbicidas e os fungicidas (TORRES, 1998).

Existem vários produtos químicos que são utilizados no controle de pragas. Mais de 300 princípios ativos distribuídos em mais de 2.000 formulações são empregados nas mais variadas culturas, finalidades e modalidades de uso (LARA & BATISTA, 1992). No entanto, a desmedida aplicação de pesticidas tem originado conseqüências negativas, como o desaparecimento de algumas espécies de insetos úteis e, conseqüentemente, aparição de novas pragas. Além disso, muitas espécies de insetos tornaram-se resistentes a certos inseticidas, o que levou à busca de novos produtos de maior seletividade (SENENT, 1979). Dos compostos usados em grande escala, encontram-se, inicialmente, os organoclorados, depois os organofosforados, carbamatos, piretróides e toda uma série de derivados de triazinas, dentre outros (LARA & BATISTA, 1992).

Embora o controle químico de pragas tenha reduzido o índice de doenças para homens e animais e incrementado a produção agrícola, agentes químicos podem permanecer ativos no meio ambiente por longos períodos, afetando os ecossistemas. Os efeitos desses agentes ao longo do tempo representam um grande risco para a saúde pública, sendo necessários o monitoramento e a vigilância desses produtos em águas, solos, alimentos e ar (JAVARONI et al., 1991).

Os pesticidas atingem o solo não só pela incorporação direta na superfície, como também através do tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas, no controle de fungos patogênicos no solo, ou pela eliminação de ervas daninhas por herbicidas. Esses compostos podem, ainda, atingir o solo de forma indireta, pela pulverização das partes verdes dos vegetais e pela queda de frutos ou folhas que receberam aplicação de agrotóxicos (MUSUMECI, 1992). Uma vez no solo, podem ser transportados em grandes quantidades, pelas águas das chuvas, que levam a cobertura vegetal e parte do solo, atingindo, principalmente, águas superficiais como rios e lagos. Os pesticidas podem também se infiltrar no solo, atingindo as águas subterrâneas e ser encontrados em poços utilizados para abastecimento de água para uso doméstico ou para dessedentação de animais. A importância relativa dessas duas formas de transporte depende, em grande parte, do tipo de solo e do relevo da região (RIGITANO & BARBOSA, 1994; MOREIRA & CRUZ, 1996).

Hoje, existem evidências de que consideráveis quantidades de pesticidas atingem o mar. Segundo a Academia de Ciências dos Estados Unidos, cerca de 25% da produção mundial de organoclorados chega a este ecossistema. Sabe-se que a principal rota de entrada dos organoclorados no oceano, DDT (diclorodifeniltricloroetano) e Aldrin, é a atmosfera. Estimativas têm indicado que a poeira transportada pelos ventos apresenta até 150 mgDDTg⁻¹, enquanto as demais fontes possíveis de contaminação do oceano, no total, contribuem com apenas 1 mgDDT g⁻¹. Existem, porém, evidências de que quantidades maiores estejam entrando na cadeia alimentar dos oceanos (TOPOS, 1999).

Estudos têm evidenciado que os pesticidas podem permanecer no ambiente durante longo tempo, causando grandes mudanças ecológicas e efeito ambiental

negativo (SOLOMONS, 1989; ANDRÉA, 2004). Exemplo disso são os organoclorados, em sua maioria persistentes e de ampla aplicação (DORIGATTI, 1987). Esta revisão destaca os impactos causados no ambiente por esta classe de pesticidas, como também a busca de soluções para minimizar estes impactos.

HISTÓRICO

Em 1940, Paul Mueller, da companhia suíça GEISY, observou que o DDT, sintetizado por Zeidler em 1874, era um potente inseticida. A sua pronunciada propriedade inseticida, aliada à baixa solubilidade em água, alta persistência e sua forma de ação, desconhecida até aquele momento, propiciou resultados verdadeiramente notáveis e seu uso rapidamente se expandiu. Durante a Segunda Guerra Mundial, na Itália, o DDT em pó foi pulverizado na pele da população para prevenir epidemias de tifo transmitidas por piolhos, que causavam alta mortalidade. Ele foi usado, também, em grandes áreas do globo terrestre para eliminar o mosquito vetor da malária (KONRADSEN et al., 2004). Mais tarde, o DDT foi utilizado no controle de pragas da agricultura, particularmente em colheitas com alto rendimento econômico (BENN & McAULIFFE, 1981; OTTAWAY, 1982; MARICONI, 1985).

O problema surgiu quando o DDT, à semelhança de todos os organoclorados, reduziu sua eficácia, obrigando o uso de dosagens cada vez maiores. Por esse motivo, procurou-se desenvolver, em grandes laboratórios especializados, fórmulas que se caracterizavam por maior eficácia e maior biodegradabilidade (TURK, 1989).

Com o passar dos anos, no entanto, a promessa de estar livre de insetos foi quebrada, e o milagre químico, que tinha dado início à era dos pesticidas, não ocorreu (TURK, 1989). O poder residual considerado como de qualidade decididamente positiva desses compostos começou a ser encarado como sério inconveniente, o qual encerrava significado ecológico de extrema gravidade. A ação residual dos organoclorados era devida à sua estabilidade química, que lhes conferia prolongada persistência no ambiente. Resíduos de organoclorados haviam contaminado praticamente todos os ecossistemas, sendo detectados nos mais variados substratos e tendo provocado a inquietação dos estudiosos do assunto e da população em geral. Na segunda metade da década de 60, muitos países trataram de intensificar as pesquisas relativas ao assunto e, ao mesmo tempo, tomaram medidas legais, restringindo ou proibindo seu emprego (MATUO et al., 1990). No Brasil, a partir de 1970, a produção agrícola sofreu grandes transformações. A política de estímulo do crédito agrícola, associada às novas tecnologias, impulsionou várias culturas, principalmente destinadas à exportação. Pacotes tecnológicos ligados ao financiamento bancário obrigavam os agricultores a adquirir insumos e equipamentos, muitas vezes desnecessários. Entre os insumos, estavam os pesticidas, que eram recomendados para o controle de pragas e doenças, como método de resguardar o potencial produtivo das culturas. Esse método obrigava aplicações sistemáticas de pesticidas, mesmo sem ocorrência das pragas, resultando em pulverizações excessivas e desnecessárias (RUEGG et al., 1991).

PERSISTÊNCIA X DEGRADAÇÃO

Os processos de transformação e degradação dos agrotóxicos no solo dependem tanto das características do próprio solo como das características físico-químicas das substâncias. Moléculas de alto peso molecular, contendo halogênios e/ou anéis aromáticos condensados, como é o caso dos agrotóxicos organoclorados, são mais persistentes (MUSUMECI, 1992; ANDRÉA, 2004). Os solos argilosos, por exemplo, com alto teor de matéria orgânica, tendem a reter resíduos por maior tempo, facilitando, assim, a persistência dos pesticidas (MOREIRA & CRUZ, 1996).

A persistência do pesticida no solo depende também da eficiência de processos físicos de transformação, como evaporação, lixiviação, erosão e absorção pelas raízes das culturas. Fatores ambientais como temperatura, conteúdo de matéria orgânica, acidez, umidade e tipo de solo influenciam, também, as taxas de degradação de pesticidas. Reações químicas, como hidrólise, podem ser pré-requisitos para o ataque microbiano. Percebe-se, então, que pode haver interação dos agentes físicos, químicos e biológicos na degradação dos pesticidas (BAILEY & WHITE, 1970; ANDRÉA, 2004).

Muitos compostos organoclorados, oriundos tanto de fontes agrícolas como industriais, apresentam, freqüentemente, alta resistência à degradação química e biológica e alta solubilidade em lipídios. A combinação entre a baixa solubilidade em água e a alta capacidade de adsorção na matéria orgânica leva ao acúmulo desses compostos ao longo da cadeia alimentar, especialmente nos tecidos ricos em gorduras dos organismos vivos (TORRES, 1998). O BHC (Hexaclorobenzeno) é um exemplo de organoclorado que, apesar de ser classificado como de persistência intermediária, é bastante estável à ação da luz, do calor, do ar e de ácidos fortes, sendo capaz de permanecer no solo, sem se decompor totalmente, por cerca de cinco anos (BERBERT & CRUZ, 1984).

CONTAMINAÇÕES

O problema da contaminação por organoclorados tem se agravado e adquirido proporções dramáticas, tanto pela sua intensificação quanto pela sua extensão geográfica. Outrora, as zonas contaminadas eram muito reduzidas. Atualmente tendem a cobrir o planeta inteiro e podemos encontrar DDT até na neve do Alasca (RYAN, 2004).

Os níveis de organoclorados na água dos oceanos têm causado sérios problemas ecológicos como, por exemplo, o fracasso da reprodução da truta-do-mar, na Laguna Madre, no Texas, e da águia-marinha, no Báltico (TOPOS, 1999). Além disso, podem-se encontrar golfinhos contaminados com DDT, desde o litoral paulista até regiões da Antártida (CAMPANILLI, 2004).

Como os compostos organoclorados são muito lipossolúveis e se acumulam nas gorduras dos organismos, eles percorrem rapidamente a cadeia alimentar, com resultados desastrosos para espécies, incluindo o homem, que ocupam o topo desta cadeia (MATUO et al., 1990).

Nas aves, o DDE, metabólito do DDT, tem sido indicado como responsável pela deficiência na formação da casca dos ovos. Como consequência, as cascas são freqüentemente frágeis e não resistem até que ocorra a eclosão natural dos ovos. Esse efeito diminuiu drasticamente a população de águias, falcões e açores, na década de 80, no ecossistema mundial (SOLOMONS, 1989; TAN, 1994).

Análises de amostras de leite materno têm fornecido dados alarmantes em várias partes do mundo. Pesquisadores analisaram 60 amostras de leite materno em mulheres egípcias. Os resultados indicaram a presença de DDE e Lindano em praticamente todas as amostras. Outros organoclorados, como DDT, Endrin e Endossulfan I também foram encontrados em níveis elevados em algumas amostras. A presença destes pesticidas foi atribuída à intensa atividade agrícola na região (SALEH et al., 1996).

Em um estudo realizado na Espanha, foram analisadas 134 amostras de tecido adiposo humano, avaliando a possível presença de organoclorados. Dentre os compostos investigados, o DDE e o BHC apresentaram níveis médios elevados de $1.870,0 \mu\text{g L}^{-1}$ e $240,0 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. A elevada concentração determinada para o DDE pode ser devida ao fato de este composto ser o último e mais estável metabólito do DDT. Os resultados expostos comprovaram a afinidade dos pesticidas organoclorados pelas gorduras, mostrando a evidente e crescente contaminação através da cadeia alimentar (COSTABEBER, 1999).

O câncer gastrointestinal é o terceiro tipo de câncer mais comum nas regiões de Uttar Pradesh e Bihar na Índia. A principal fonte de água destas regiões é o Rio Ganges, o qual é altamente poluído com pesticidas agrícolas. Num trabalho realizado com 60 indivíduos doentes destas regiões, descobriu-se que os mesmos apresentavam altas concentrações biliares dos organoclorados BHC, DDT, Aldrin e Endossulfan. Foi sugerido que estas substâncias possam estar implicadas na ocorrência deste tipo de câncer nestes locais (SHUKLA et al., 2001).

Entre 1993 e 1995 foi realizado, em Hong Kong, um monitoramento dos níveis de pesticidas organoclorados em amostras de leite de vaca. Em várias amostras, os níveis de DDE e BHC excederam os limites permitidos pelo Coder Committee on Pesticide Residues. Apesar da China ter proibido o uso destes pesticidas, desde 1983, os resultados deste trabalho revelam que tais substâncias ainda persistem no meio ambiente causando contaminação da cadeia alimentar (WONG & LEE, 1997). O mesmo pôde ser observado recentemente com populações da área urbana e rural de Portugal. Apesar de neste país o uso de organoclorados ter sido proibido desde 1988, estas substâncias foram encontradas em níveis bastante elevados no soro sanguíneo de vários indivíduos (CRUZ et al., 2003).

No Brasil, o problema não é diferente! Recentemente, foram encontrados resíduos de pesticidas organoclorados persistentes (POPs) em amostras de sangue de várias pessoas que vivem e trabalham na área urbana do Rio de Janeiro (DELGADO et al., 2002). Na Cidade dos Meninos, município de Duque de Caxias, RJ, uma antiga fábrica de inseticidas do Ministério da Saúde, desativada na década de 50, abandonou ao ar livre quantidade elevada de inseticida, que tinha como principal constituinte o

BHC. O poluente atingiu o solo e a vegetação. Foram encontrados traços de veneno até na água de coco do local, e escavações comprovaram que o lençol freático também está contaminado (OLIVEIRA & ADEODATO, 1997). Também no Brasil, estudantes do Curso de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que não tinham exposição direta a inseticidas organoclorados, tiveram seu sangue analisado, constatando-se a presença de DDE e BHC (OLIVEIRA et al., 1987). Foram investigados, também, os níveis de organoclorados em águas e sedimentos da bacia do Rio Piracicaba, na região central do Estado de São Paulo. Esta região abriga uma população de aproximadamente 2.960.000 habitantes e abrange cerca de 61 municípios (CETESB, 2002). A utilização da água nesta região baseia-se em abastecimento público, recepção de efluentes domésticos e industriais, abastecimento industrial e irrigação de plantações (CETESB, 1998). Os resultados da investigação revelaram que esta bacia apresenta alto comprometimento devido à presença significativa de alguns organoclorados. Nos municípios de Santa Bárbara d'Oeste, Sumaré e Campinas, por exemplo, foram encontradas quantidades do fungicida BHC bem acima do limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, que é de $10,0 \text{ ng L}^{-1}$ (DEL GRANDE & REZENDE, 2003).

Entre 1997 e 1999, foi realizado um estudo sobre a contaminação por DDT em solos, sedimentos e ovos de aves domésticas em área peridomiciliar de uma região endêmica de leishmaniose, localizada na cidade do Rio de Janeiro. A última aplicação conhecida de DDT, nesta área, foi realizada em 1990, com o objetivo de combater o vetor da leishmaniose. Os resultados desta investigação acusaram contaminação em todas as matrizes estudadas. No entanto, o resultado mais preocupante foi aquele que revelou a contaminação dos ovos, os quais são consumidos pela população local (VIEIRA et al., 2000).

Um estudo realizado pelo nosso grupo (FLORES, 2000), na cidade de Viçosa, interior de Minas Gerais, revelou a presença dos organoclorados BHC e DDT em sedimentos do Ribeirão São Bartolomeu. Nas amostras de águas, deste mesmo ribeirão, encontrou-se a presença de Heptacloro epóxido, Endrin e DDT. Os organoclorados, encontrados nas águas haviam sido detectados anteriormente em outro estudo, também realizado pelo nosso grupo, neste mesmo local, porém em níveis superiores (CHAGAS et al., 1999).

Um relatório escrito pela Secretaria de Saúde de Paulínia-SP, sobre exames médicos de 181 moradores do bairro Recanto dos Pássaros, contaminado por uma indústria química, indicou que 86% destes moradores apresentaram pelo menos um produto tóxico acima dos índices recomendados. De acordo com o documento, os exames revelaram que quatro pessoas tinham BHC acima dos níveis recomendados, 28 tinham Heptacloro (seis crianças), 20 tinham Aldrin (cinco crianças), sete tinham Endrin (quatro crianças), duas tinham Endossulfan e 44 tinham DDT (17 crianças). O relatório apontou, também, incidência de tumores hepáticos e de tireóide, benignos e malignos, alterações neurológicas, típicas de exposição aos organoclorados, alto índice de dermatoses, de rinites alérgicas, disfunções gastrointestinais, pulmonares e hepáticas. Ainda, segundo o documento, 35% das crianças apresentavam distúrbios

neurocomportamentais que podem, inclusive, afetar sua capacidade de aprendizado (GUAÍUME, 2001).

VIAS DE ABSORÇÃO PELO ORGANISMO HUMANO

Os pesticidas clorados podem ser introduzidos no organismo através das vias cutânea, digestiva e respiratória (MARICONI, 1985).

A eficiência da absorção dermal é variável. Os hexaclorocicloexanos, incluindo o Lindano, e ciclodienos, como Aldrin, Dieldrin, Endrin e Endossulfan, são eficientemente absorvidos quando em contato com a pele. No entanto, a maior introdução no organismo de produtos, como o DDT e Dicofol, ocorre através dos alimentos, principalmente com os que contêm elevada quantidade de gordura. Além dos alimentos, a absorção dos pesticidas pode ocorrer através da via respiratória, que absorve as partículas de pó de pesticidas que estejam no ar (FERNÍCOLA, 1985; CHEREMISINOFF & KING, 1994).

TOXIDADE E SINTOMAS

As intoxicações do homem podem ocorrer de duas formas. Se o organismo absorve, numa única dose, elevada quantidade de pesticida, ele reage rapidamente, indicando os sintomas, que podem ser fatais ou permanecer por certo tempo. Dependendo do produto e da dose introduzida no organismo, o estado clínico pode ser reversível. Esse tipo de intoxicação é denominado intoxicação aguda. Outra forma de intoxicação é a crônica, a mais preocupante, pois não tem manifestação imediata e é resultante do acúmulo gradual do defensivo no organismo, sendo irreversível (CAVERO, 1976).

Os inseticidas do grupo do DDT agem nos canais de sódio dos insetos, mantendo-os abertos por um período mais longo. Com isso, ações repetitivas são desencadeadas, uma vez que ocorre transmissão contínua do impulso nervoso. Os insetos eventualmente morrem devido a hiperexcitação (ETO, 1990; GUEDES, 1999). Em aves, a assimilação destes inseticidas provoca diminuição na fertilidade, devido a alterações no metabolismo do cálcio e inibição da enzima anidrase carbônica, que atua na formação da casca do ovo, tornando-a fina e quebradiça (PINHEIRO & MONTEIRO, 1992).

No homem, os organoclorados atuam basicamente no sistema nervoso central e no sistema de defesa do organismo. Os organoclorados causam sérias lesões hepáticas e renais. Alguns produtos desse grupo lesam o cérebro, outros os músculos do coração, a medula óssea, o córtex da supra-renal, o DNA etc. A atividade estrogênica, estimulando a testosterona e propiciando a puberdade precoce, foi comprovada para o DDT. Alguns estudos têm evidenciado a atividade imunossupressora de certos produtos desse grupo e as alterações na conduta dos indivíduos (GUERRA & SAMPAIO, 1991; PINHEIRO & MONTEIRO, 1992). Casos de câncer em órgãos do aparelho digestivo, pulmão e rim foram registrados em pessoas contaminadas com

BHC (OLIVEIRA & ADEODATO, 1997). Estudos, realizados na Califórnia, indicaram que mulheres com altos níveis de DDE no corpo, possuem um risco quatro vezes maior de contrair câncer de mama (FALCH et al., 1992; WOLFF et al., 1993).

Os jovens em fase de desenvolvimento são particularmente sensíveis à exposição aos organoclorados. A exposição pré-natal a organoclorados persistentes, além de poder prejudicar o sistema reprodutivo, durante a fase de desenvolvimento, pode causar uma série de outros efeitos adversos à saúde, como: óbito fetal e aborto espontâneo, diminuição de peso e tamanho do recém-nascido, depressão do sistema imunológico e redução da resistência óssea (GREENPEACE, 1996).

MEDIDAS POLÍTICAS

É de grande importância o controle rigoroso dos efeitos não intencionais dos pesticidas sobre diversas formas de vida, incluindo o homem e o meio ambiente. Em vários países, foram sendo fixados padrões e limites máximos de tolerância desses resíduos (DORIGATTI, 1987). No início da década de 70, os Estados Unidos, através da EPA (Environmental Protection Agency), proibiram o uso de alguns organoclorados como DDT, Aldrin, Heptacloro e Clordano (HODGES, 1977; TURK, 1989). Em Portugal, no ano de 1988, foram proibidos pela Portaria nº 660/88 os organoclorados Aldrin, Clordano, Dieldrin, DDT, Endrin, BHC, Heptacloro, Hexaclorobenzeno e Canfeno clorado (LINO & SILVEIRA, 1990). No Brasil, a comercialização, distribuição e uso desses produtos foram proibidos em 3 de setembro de 1985 (BRASIL, 1985).

Nos últimos anos, uma série de órgãos internacionais tem se manifestado a respeito da contaminação com organoclorados. Em 1989, a Conferência Circumpolar fez um apelo internacional para o controle da contaminação tóxica do Ártico. Em 1992, a Comissão Mista dos Grandes Lagos, formada por cientistas dos Estados Unidos e Canadá, para tratar da contaminação dos lagos fronteiros aos dois países, recomendou a seus governos a eliminação do cloro como matéria-prima industrial. Neste mesmo ano, a Comissão de Paris, formada por 13 países da região do Atlântico Norte e da União Européia, concordaram em eliminar as descargas de substâncias tóxicas, persistentes e biocumulativas, particularmente os organoclorados. No ano seguinte, em 1993, a Conferência do Mar do Norte, adotou o acordo da Comissão de Paris, assim como as metas prévias para a redução em 50% de vários organoclorados. Ainda em 1993, a Convenção de Barcelona, que reuniu 21 nações do Mar Mediterrâneo, concordou em eliminar a descarga de substâncias tóxicas. Dois anos depois, em 1995, os países participantes da Conferência do Mar Norte reuniram-se mais uma vez com o objetivo de fechar um acordo para eliminar a descarga de substâncias perigosas no mar. No dia 06 de dezembro de 2000 o Greenpeace devolveu, na Argentina, parte do lixo tóxico para uma indústria química. A ação da organização ambientalista faz parte da campanha mundial do Greenpeace contra a poluição tóxica. Os resíduos foram coletados no maior depósito de lixo tóxico do país, localizado num vilarejo com menos de 100 moradores, na província de Santiago del Estero. Vinte ativistas do Greenpeace, incluindo voluntários da Argentina e Inglaterra, devolveram o lixo tóxico para a

indústria, em San Lorenzo, exigindo que a empresa se responsabilizasse pelos resíduos tóxicos e descontaminasse a área. Análises de laboratório indicaram a presença de Lindano, DDT, Aldrin, Dieldrin, Clordano e Heptacloro (GREENPEACE, 2000).

Durante uma reunião da UNEP (United Nations Environment Programme), ocorrida em maio de 2001, em Estocolmo na Suécia, representantes de 90 países, incluindo o Brasil, assinaram a Convenção sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, que visa proibir a produção e o uso de 12 substâncias orgânicas tóxicas. Os 12 poluentes, conhecidos também como “dúzia suja” são: Aldrin, Clordano, Mirex, Dieldrin, DDT, Dioxinas, Furanos, Endrin, Heptacloro, BHC e Toxafeno (NASS & FRANCISCO, 2002).

A Finlândia, um dos poucos países que se preocupa com o meio ambiente, não tem poupado esforços para minimizar as descargas de produtos nocivos, como os organoclorados, para o Mar Báltico. Em abril de 2002, o governo finlandês aprovou um novo programa que visa ao melhoramento do estado atual do Báltico e da sua vida marinha. Segundo este programa, as emissões de poluentes serão reduzidas à metade nos próximos 10 a 15 anos. Em maio de 2002, o World Wildlife Fund distinguiu o governo finlandês pelo seu programa de proteção do Báltico, com o distintivo Gift to the Earth, que é o mais alto reconhecimento concedido por este fundo internacional para a conservação da natureza (HALLANARO, 2003).

MEDIDAS TÉCNICAS

Processos físicos, biológicos, oxidativos avançados, eletroquímicos e outros têm sido estudados, na tentativa de se diminuir os impactos causados por organoclorados no meio ambiente (FREIRE et al., 2000).

Os processos físicos baseiam-se no tratamento de efluentes industriais, através da filtração, sedimentação, evaporação etc. Alguns organoclorados podem ser eliminados, por exemplo, através da retenção dos mesmos em carvão ativado, utilizado como filtro (STREAT et al., 1995).

Os processos biológicos utilizam microorganismos que possuem a capacidade de transformar organoclorados em espécies menos tóxicas e posteriormente em CO_2 , H_2O ou CH_4 e H_2O . Este tem sido o processo mais utilizado e que apresenta um custo menor (FREIRE et al., 2000).

Os processos oxidativos avançados são baseados na geração do radical hidroxila que, através do seu alto poder oxidante, promove a degradação de compostos poluentes (HIRVONEN et al., 1996; VINODGOPAL et al., 1998). O radical hidroxila pode ser gerado pelo ozônio, peróxido de hidrogênio (ORMAD et al., 1997), oxalato de ferro/peróxido de hidrogênio (NOGUEIRA & GUIMARÃES, 2000) e fotocatalise (ZIOLLI & JARDIM, 1998). Esta última, além do radical hidroxila, pode produzir radical superóxido e oxigênio singlete que por sua vez atacam poluentes (ZIOLLI & JARDIM, 1998).

O processo eletroquímico pode oxidar e reduzir compostos organoclorados (STREAT et al., 1995), utilizando elétrons como reagentes ao invés de compostos

químicos que podem, também, poluir o meio ambiente (BOUDENNE & CERCLIER, 1999).

CONCLUSÃO

Pouco adiantou o alerta dado por Rachel Carson, em seu livro “Primavera Silenciosa”, publicado em 1962, sobre os perigos dos organoclorados. Hoje, estas substâncias contaminam praticamente todo o planeta, colocando em risco a sobrevivência de várias espécies e gerando graves problemas de saúde para o homem. Infelizmente, muitos países ainda permitem a aplicação desmedida destes pesticidas e mesmo em alguns países, onde estas substâncias estão proibidas, é possível encontrá-las no mercado clandestino. As medidas, restritivas ou proibitivas, tomadas nas últimas décadas por vários governos, são um grande passo para se tentar diminuir o impacto negativo destas substâncias no meio ambiente. No entanto, há muito ainda a se fazer para que a situação não se agrave ainda mais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes e à FAPEMIG pela realização desta revisão e pelo financiamento do estudo sobre a contaminação do Ribeirão São Bartolomeu localizado em Viçosa-MG. Gostaríamos de agradecer, também, ao Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, por tornar possível este trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉA, M.M. “Contaminação do solo por pesticidas”. Centro de Proteção Ambiental do Instituto Biológico. Disponível em: http://www.geocities.com/~esabio/agua/contaminacao_pesticidas.htm. Acessada em 22 de fevereiro de 2004.
- BAILEY, G.W. & WHITE, J.L., Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. *Residue Reviews*, v.32, p.29-92, 1970.
- BENN, F.R. & McAULIFFE, C.A. **Química e poluição**. São Paulo: Editora da USP, 1981.
- BERBERT, P.R.F. & CRUZ, P.F.N., Níveis residuais de BHC (HCH) nos principais rios e lagos da região cacauceira sul da Bahia, Brasil. In: Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas, *Resumos*, p.55. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1984.
- BOUDENNE, J.L & CERCLIER, O. Performance of carbon black-slurry electrodes for 4-chlorophenol oxidation, *Water Research*, v.33, p.494-504, 1999.
- BRASIL, Supremo Tribunal Federal. Portaria n.329 de 2 de setembro de 1985. Ementa da portaria do Diário Oficial [da República Federativa de Brasil], Brasília, v.123, n.168, p.12941, 3 Set. (Seção 1), 1985.
- CAMPANILLI, M. “Estudo permite identificar POPs em mamíferos marinhos”. Disponível em: <http://www.estadão.com.br/ext/ciencia/oceanos/sinais/sinais5.htm>. Acessada em 17/02/2004.

- CAVERO, E.S. **Manual de inseticidas e acaricidas: aspectos toxicológicos**. Pelotas: Editora Aimara, 1976.
- CETESB, 2002. <http://www.cetesb.sp.gov>. Acessada em 12/01/2002.
- CETESB **Relatório de qualidade das águas interiores de São Paulo**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 1998.
- CHAGAS, C.M; QUEIROZ, M.E.L.R; NEVES, A.A; QUEIROZ, J.H; OLIVEIRA, T.T. & NAGEM, T.J. Determinação de resíduos de organoclorados em águas fluviais do município de Viçosa-MG. *Química Nova*, v.22, p.506-508, 1999.
- CHEREMISINOFF, N.P. & KING, J.A. **Toxic properties of pesticides**. New York: Marcel Dekker, 1994.
- COSTABEBER, I., Tratamiento de muestras humanas para el análisis de residuos organoclorados. In: X Encontro Nacional de Química Analítica, *Resumos*, p.TA16. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- CRUZ, S; LINO, C. & SILVEIRA, M.I. Evaluation of organochlorine pesticide residues in human serum from an urban and two rural populations in Portugal. *Science of the Total Environment*, v.317 p.23-35, 2003.
- DEL GRANDE, M. & REZENDE, M.O.O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do Rio Piracicaba/SP-Brasil. *Química Nova*, v.26, p.678-686, 2003.
- DELGADO, I.F; BARRETO, H.H.C; ALLELUIA, I.B; BAGGIO, C.A. & PAUMGARTTEN, F.J.R. Serum levels of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls among inhabitants of Greater Metropolitan Rio de Janeiro, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v.18, p.519-524, 2002.
- DORIGATTI, A. **Aplicação de cromatografia gasosa em estudos de dissipação de herbicidas em solos brasileiros**. Dissertação de Mestrado, Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1987.
- ETO, M. **Chemistry of plant protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1990.
- FALCH, F; RICCI, A; WOLFF, M.S; GODBOLD, J. & DECKERS, P., Pesticides and polychlorinated biphenyl residues in human breast lipids and their relation to breast cancer. *Archives of Environmental Health*, v.47, p.143-146, 1992.
- FERNÍCOLA, N.A.G.G. Toxicologia de los insecticidas organoclorados. *Boletim Santel Panama*, v.98, p.1-6, 1985.
- FLORES, A.V. **Determinação de Resíduos de Organoclorados em Águas e Sedimentos**. Dissertação de Mestrado, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- FREIRE, R.S; PELEGRINI, R; KUBOTA, L.T. & DURÁN, N., Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, v.23, p.504-511, 2000.
- GREENPEACE., Efeitos dos organoclorados na saúde humana. Disponível em: <http://www.geocities.com/RainForest/wetlands/8552/Grennpea.htm>., 1996. Acessada em: 29/01/2004.
- GREENPEACE, Greenpeace expõe depósito ilegal de lixo tóxico de indústria química Argentina. http://www.greenpeace.org.br/toxicos/toxicos.php?conteudo_id=428&content=1., 2000. Acessada em 12/02/2004.

- GUAIUME, S., Laudo comprova contaminação de moradores de Paulínia. Disponível em: <http://www.estadão.com.br/agestado/noticias/2001/ago/23/243.htm>., 2001. Acessada em 16/02/2004.
- GUEDES, R.N.C. **Toxicologia dos inseticidas**. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- GUERRA, M.S. & SAMPAIO, D.P.A. **Receituário agrônomo**. 2.ed. São Paulo: Editora Globo, 1991.
- HALLANARO, E.L. A Proteção Ambiental na Finlândia. Disponível em: <http://www.finlândia.org.pt/doc/pt/infopin/ambiente/ambiente.html>., 2003. Acessada em 11/02/2004.
- HIRVONEN, A., TUHKANEN, T. & KALLIOKOSKI, P., Treatment of TCE- and PCE-contaminated groundwater using UV/H₂O₂ and O₃/H₂O₂ oxidation processes. *Water Science and Technology*. v.33, p.67-73, 1996.
- HODGES, L. **Environmental pollution**. 2.ed. New York: Holt, 1977.
- JAVARONI, R.C.A.; TALAMON, J; LANDGRAF, M.D. & REZENDE, M.O.O., Estudo da degradação de lindano em solução aquosa através da radiação gama. *Química Nova*, v.14, p.237-239, 1991.
- KONRADSEN, F; VAN DER HOEK, W; AMERASINGHE, F.P; MUTERO, C. & BOELEEE, E., Engineering and malaria control: learning from the past 100 years. *Acta Tropica*, v.89, p.99-108, 2004.
- LARA, W.H. & BATISTA, G.C., Pesticidas. *Química Nova*, v.15, p.161-166, 1992.
- LINO, C.M. & SILVEIRA, M.I.N., Resíduos de pesticidas organoclorados em alimentos gordos. *Boletim SBQ*, v.40, p.39-41, 1990.
- MAFFIA, L.A. & MIZUBUTI, E.S.G., Fitopatologia x sociedade. *Ação Ambiental*. v.2, p.9-12, 1999.
- MARICONI, F.A.M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas**. 7.ed. São Paulo: Distribuidora, 1985.
- MATUO, Y.K; LOPES, J.N.C. & MATUO, T. **Contaminação do leite humano por organoclorados DDT, BHC e Ciclodienos**. Jaboticabal: Editora da FUNEP, 1990.
- MOREIRA, L.F & CRUZ, J.C.S., **Uso correto e seguro de fitossanitários**. Viçosa, MG: EMATER; DETEC; Departamento Técnico. Não paginado, 1996.
- MUSUMECI, M.R. Defensivos agrícolas e sua interação com a microbiota do solo, In: TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P.(org.) **Microbiologia do solo**, Campinas: Sociedade Brasileira do Sol, 1992, p.341-360.
- NASS, D.P. & FRANCISCO, R.H.P., Fim de doze poluentes orgânicos. *Revista Eletrônica de Ciências*, n.5., 2002. Artigo disponível em: <http://www.cdcc-sc.usp.br/ciências/artigos/art-5/fimpoluenente.html>. Acessada em 15/01/2004.
- NOGUEIRA, R.F.P. & GUIMARÃES, J.R. Photodegradation of dichloroacetic acid and 2,4-dichlorophenol by ferrioxalate/H₂O₂ system. *Water Research*, 34, 2000: 895-901.
- OLIVEIRA, W. & ADEODATO, S.O. O bairro que respira veneno. *Globo Ciência*, v.6, p.48-51, 1997.

- OLIVEIRA, J.M.B; SOARES, I.A.A. & SILVA, Z.L., Determinação dos níveis séricos de inseticidas organoclorados em indivíduos não expostos da faculdade de Farmácia da UFMG. *Revista de Farmácia e Bioquímica da UFMG*, v.8, p.79-86, 1987.
- ORMAD, P; CORTÉS, S; PUIG, A. & OVELLEIRO, J.L., Degradation of organochloride compounds by O₃ and O₃/H₂O₂. *Water Research*, v.31, p.2387-2391, 1997.
- OTTAWAY, J.H. *Bioquímica da poluição*. São Paulo: Editora da USP, 1982.
- PINHEIRO, A.C.F.B. & MONTEIRO, A.L.F.B.P.A. **Ciências do ambiente – ecologia, poluição e impacto ambiental**. São Paulo: Editora Makron, 1992.
- RIGITANO, R.L.O. & BARBOSA, T.M.L., Influência da classe e profundidade do solo na degradação do inseticida-nematicida aldicarb. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.955-960, 1994.
- RUEGG, E.F; PUGA, F.R; SOUZA, M.C.M; ÚNGARO, M.T.S; FERREIRA, M.S; YOKOMIZA, Y. & ALMEIDA, W.F, **Impacto dos agrotóxicos sobre ambiente, a saúde e a sociedade**. 2.ed. São Paulo: Editora Ícone, 1991.
- RYAN, K., Contaminants in Alaska. Disponível em: <http://www.state.ak.us./dec/deh/POPs.htm>., 2004. Acessada em 20/02/2004.
- SALEH, M; KAMEL, A; RAGAB, A; EL-BAROTY, G & EL-SEBAE, A.K., Regional distribution of organochlorine insecticide residues in human milk from Egypt. *Journal Environmental Science Health*, v.B31, p.241-255, 1996.
- SEMENT, J., **A poluição**. Rio de Janeiro: Salvat, 1979.
- SHUKLA, V.K; RASTOGI, A.N; ADUKIA, T.K; RAIZADA, R.B; REDDY, D.C.S. & SINGH, S., Organochlorine pesticides in carcinoma of the gallbladder: a case-control study. *European Journal of Cancer Prevention*, v.10, p.153-156, 2001.
- SOLOMONS, T.W.G. **Química orgânica 2**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1989.
- STREAT, M; PATRICK, J.W. & PEREZ, M.J.C., Sorption of phenol and para-chlorophenol from water using conventional and novel activated carbons. *Water Research*, v.29, p.467-472, 1995.
- TAN, K.H. **Environmental soil science**. New York: United States of America, 1994.
- TOPOS Sistemas Ambientais., Resíduos de praguicidas em águas. Disponível em: <http://www.topos.com.br/cordella/prag.htm>., 1999. Acessada em 15 de setembro de 1999.
- TORRES, J.P.M. **Ocorrência de micropoluentes orgânicos (organoclorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) em sedimentos fluviais e solos tropicais**. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.
- TURK, J. **Introduction to environmental studies**. 3.ed. New York: Saunders College, 1989.
- VIEIRA, E.D.R., TORRES, J.P.M. & MALM, O., Persistência Ambiental e Biológica do DDT: Estudo de caso em uma área de Leishmaniose. *Cadernos Saúde Coletiva*, v.8, p.55-70, 2000.

- VINODGOPAL, K; PELLER, J; MAKOGON, O. & KAMAT, P.V., Ultrasonic mineralization of a reactive textile azo dye, Remazol black B. *Water Research*, v.32, p.3646-3650, 1998.
- WOLFF, M.S; TONIOLO, P.G; LEE, E.W; RIVERA, M. & DUBIN, N., Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, v.85, p.648-652, 1993.
- WONG, S.K. & LEE, W.O. Survey of organochlorine pesticide residues in milk in Hong Kong (1993-1995). *Journal of AOAC International*, v.80, p.1332-1335, 1997.
- ZAMBOLIM, L. Fungicidas: benefícios x riscos. *Ação Ambiental*, v.2, p.24-27, 1999.
- ZIOLLI, R.L. & JARDIM, W.F. Mecanismo de fotodegradação de compostos orgânicos catalisada por TiO_2 . *Química Nova*, v.21, p.319-325, 1998.

ABSTRACTS/RESUMOS

ARACELI VERÔNICA FLORES
JOSELITO NARDY RIBEIRO
ANTONIO AUGUSTO NEVES
ELIANA LOPES RIBEIRO DE QUEIROZ

ORGANOCLORADOS: UM PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA

Resumo: A descoberta do poder inseticida do DDT, primeiro inseticida orgânico sintético, além de render a Paul Mueller o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina, em 1948, deu início à era dos pesticidas organoclorados. A partir do DDT, foram surgindo números cada vez maiores de pesticidas. Apesar dos benefícios, o uso indiscriminado desta classe de substâncias gerou graves problemas ecológicos. Hoje, estima-se que a porcentagem de seres vivos, vegetais e animais, não contaminados, seja relativamente baixa. Este artigo de revisão focaliza os graves problemas de contaminação e saúde gerados pelos organoclorados, bem como a busca de soluções para minimizar tais problemas.

Palavras -chave: Organoclorados, persistência, contaminação, toxicidade

ORGANOCHLORIDE: A PUBLIC HEALTH PROBLEM

Abstract: The discovery of DDT, the first synthetic organic insecticide, besides giving Paul Mueller, in 1948, the Nobel Prize of Physiology and Medicine, started the age of organochlorine pesticides. After the appearance of DDT, there has been an ever increasing number of pesticides available on the market. Despite the benefits, the indiscriminate use of this substance created serious ecological problems. Currently it is estimated that the percentage of living beings, vegetables and animals, that remain uncontaminated, is relatively low. This article focuses on the serious problem of contamination created by organochlorides, as well as the attempts to solve these problems.

Keywords: Organochloride, persistence, contamination, toxicity