



<http://dx.doi.org/10.15202/10.15202/1981-996X.2016v10n1p9>

AGROTÓXICOS: PRESENÇA DIÁRIA NOS ALIMENTOS CONSUMIDOS

PESTICIDES: DAILY PRESENCE IN FOOD CONSUMED

ANTONIO LUÍS DOS SANTOS LIMA

Doutor em Química Orgânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Coordenador do programa de pós-graduação em Desenvolvimento Local (PPGDL) do
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Sérgio Eduardo Martins de Oliveira

Doutor em Química pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

ANDRÉ LUIZ TENÓRIO REZENDE

Doutor em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Professor do programa de pós-graduação em Desenvolvimento Local (PPGDL) do
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Jorge Jacob Neto

Ph.D. em Ciências Biológicas pela Universidade de Dundee, Escócia, Reino Unido
Professor Titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil

Keila dos Santos Cople Lima

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil
Pesquisadora do Instituto de Biologia do Exército (IBEx), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
keila@ime.eb.br

RESUMO

Aspectos relevantes de agrotóxicos são destacados neste trabalho, tais como histórico, riscos, toxicidades, legislação, os benefícios e os prejuízos causados pelo uso de agrotóxicos. Atualmente, resíduos de agrotóxicos causam danos irreversíveis ao meio ambiente, ser humano e animais. Apesar de todos os benefícios registrados, há preocupação mundial com o uso indiscriminado dos “venenos agrícolas” e os resíduos deixados por eles. Há, ainda, um crescente questionamento acerca do estabelecimento de uma dose diária, supostamente, segura para ingestão de agrotóxicos.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Resíduos em alimentos. Meio ambiente.

ABSTRACT

Relevant aspects of pesticides are highlighted in this work, such as history, risks, toxicities, legislation, benefits and damages caused by the use of pesticides. Currently, pesticide residues cause irreversible damage to the environment, humans and animals. Despite all the benefits recorded, there is worldwide concern about the indiscriminate use of “agricultural poisons” and the residue left by them. There is also a growing questioning about the establishment of a supposedly safe daily dose for ingestion of pesticides.

Keywords: Pesticides. Residues in food. Environment.

1 INTRODUÇÃO

Existe uma crescente utilização de agrotóxicos no Brasil, atendendo a demanda de produtividade agropecuária e no combate a inúmeros vetores transmissores de doenças aos seres humanos e animais. O Brasil é atualmente o segundo maior consumidor de agrotóxicos e fertilizantes químicos no mundo. Vale ressaltar que muitos esforços no sentido de substituir determinados princípios ativos que compõem vários pesticidas, que são tóxicos ao meio ambiente e seres humanos, já estão sendo testados (LONDRES, 2011).

Os agrotóxicos são amplamente aplicados durante a produção de alimentos: para controlar o crescimento de ervas daninhas e fungos ou para prevenir danos por insetos, ácaros, roedores e outras pestes. Frequentemente utilizados na pós-colheita para prolongar a vida útil dos vegetais e melhorar a qualidade. A presença de substâncias químicas decorrentes da utilização de agrotóxicos, já norteiam, inclusive, os padrões internacionais de produção, exportação e, por conseguinte, o consumo em todo o mundo (KOESUKWIWAT *et al.*, 2010).

O avanço do estudo e desenvolvimento de técnicas que permitam a detecção e quantificação de traços cada vez menores dessas substâncias com rapidez e baixo custo são de extrema importância. A constatação da presença de determinados elementos e as suas respectivas quantidades em amostras coletadas nas mais diversas áreas de interesse da sociedade são capazes de proporcionar vastos benefícios, assim como evitar prejuízos ao ser humano. A metodologia descrita como QuEChERS, “*quick, easy, cheap, effective, rugged and safe*” (rápida, fácil, baixo custo, efetiva, robusta e segura), para análises multiresíduos de agrotóxicos em frutas e vegetais, quando associada a cromatografia e espectrometria de massas, tornou-se a ferramenta analítica mais empregada para monitorar a presença de agrotóxicos no mundo (LEHOTAY *et al.*, 2010).

No presente trabalho, será realizada uma revisão tendo como enfoque a polêmica envolvendo a utilização exacerbada dos agrotóxicos, sua necessidade na conjuntura atual, os benefícios produzidos, a semelhança química com os agentes de guerra química e os efeitos deletérios associados ao seu uso.

2 OS AGROTÓXICOS

2.1 Histórico dos Agrotóxicos

Na história da humanidade, há um momento em que o ser humano deixa de ser nômade e resolve fixar-se a um determinado local e ali viver. A permanência do homem somente é possível quando descobre as premissas mais básicas da arte de cultivar. Aos poucos, descortinando-se paulatinamente, a agricultura ensaia seus primeiros esboços, sendo, há cerca de dez mil anos, já praticada de forma muito rudimentar pela humanidade. Há três mil anos atrás, a utilização do pó de enxofre no controle de insetos, e do sal para matar ervas daninhas já era do conhecimento das civilizações antigas como a romana, grega e chinesa. Homero, em 1000 a.C. (antes de Cristo), na *Odisséia*, recomenda o uso de enxofre para fumigação no combate aos insetos (SANTOS, 2002). Em 200 a.C., Cato, em Roma, menciona o uso de betume (asfalto) para produção de inseticida, visando ao controle de pestes em videiras. Em Roma, os extratos de ervas vegetais foram utilizados no combate as pulgas (BRAGA, 2012).

No século XVII, a nicotina foi utilizada pela primeira vez como inseticida vegetal, e, no primeiro quarto do século XIX, estabeleceu-se o uso das piretrinas naturais como praguicidas em vegetais. Em 1886, descobriu-se o efeito inseticida do ácido cianídrico (HCN); em 1892, do arseniato de cobre e, em 1907, do arseniato de cálcio (PERES, 2000).

Em 1808, foi descoberto o aceto arseniato de cobre conhecido como “Verde de Paris”. O “Verde de Paris”, em 1814, foi inicialmente comercializado como um pigmento para tintas por apresentar uma intensa cor verde. Posteriormente, foi constatado o envenenamento de inúmeros pintores de quadros pelo referido composto, sendo então banido das tintas. Em 1867, foi o principal inseticida utilizado para combater o escaravelho da batata. Em 1900, era usado em tão larga escala que levou o governo dos Estados Unidos da América a estabelecer a primeira legislação no país sobre o uso de inseticidas (LONDRES, 2011).

No início da década de 20 do século passado, após o desenvolvimento de alguns dos inseticidas sintéticos inorgânicos como o “Verde de Paris”, a pesquisa científica direcionava grande parcela de seus esforços para síntese de novos compostos orgânicos. É bem verdade que algumas

substâncias sintéticas orgânicas, apesar de já existirem, tiveram a descoberta de propriedades que possibilitassem a utilização como agrotóxico bem mais tarde. Como exemplo, o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) que foi sintetizado, em 1874, pelo químico alemão OTHMAR ZEIDLER, teve as suas propriedades inseticidas aplicadas ao efetivo combate a artrópodes, descobertas somente em 1939 pelo suíço Paul Hermann Müller. Em 1948, ele foi laureado com o Prêmio Nobel de Medicina por ter introduzido, durante a II Guerra Mundial, o uso do DDT no combate as pragas que transmitiam doenças, como a malária (TERRA, 2008).

O DDT continuou sendo largamente utilizado, quando, no início da década de 70, começaram a suspeitar de que o poder residual do pesticida poderia ser o responsável por uma série de efeitos nocivos ao meio ambiente, aos animais e ao próprio homem. Tal suposição foi concebida tendo em vista o relato de diversos efeitos deletérios provocados pelo agrotóxico, ressaltando como informação a publicação do livro "Silent Spring" de Rachel Carson, em 1962, como um dos que obtiveram mais notoriedade. Neste livro, foi sugerido que o amplo uso do DDT poderia ser a principal causa da redução populacional de diversas aves; muitas delas seriam as de topo da cadeia alimentar como o falcão peregrino e a águia calva, animal símbolo do Estados Unidos.

O primeiro país a adotar uma medida restritiva, proibindo o uso do DDT, em 1970, foi a Suécia, sendo seguida pelos EUA, em 1973, que proibiu seu emprego na agricultura. Na década seguinte, inúmeros países da Europa adotaram a mesma medida proibitiva, e o Brasil proibiu o seu uso em 1985, exceto para questões de saúde pública (D'AMATO *et al.*, 2002; FLORES *et al.*, 2004; LONDRES, 2011). O mercado brasileiro de agrotóxicos apresentou crescimento significativo: entre 1977 e 2006 o consumo de agrotóxicos expandiu-se, em média, 10% ao ano, de forma que o Brasil esteve, desde meados dos anos 1970 até 2007, entre os seis maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (TERRA, 2008).

2.2 Das Armas Químicas de Guerra aos Agrotóxicos

Hoje o mundo se depara com os inquestionáveis efeitos deletérios provocados pelo uso dos agrotóxicos. Discute-se bastante a respeito

dos chamados defensivos agrícolas e da infeliz procedência deles dos temíveis agentes químicos de guerra utilizados em confrontos armados ao longo da História. Seriam os agrotóxicos agentes de guerra química "disfarçados", alguns daqueles agentes teriam outras aplicações além da destruição. Tais questionamentos são, notadamente, alarmantes e que trazem preocupações nos dias atuais, merecendo imperiosa atenção e investigação.

Por um lado, sabe-se que as substâncias químicas por suas toxicidades intrínsecas são utilizadas com propósitos bélicos desde os tempos mais remotos. Em 600 a.C., os soldados do Rei grego Solon envenenaram córregos com raiz de Heléboro, visando provocar diarreia aos soldados inimigos, e assim os incapacitando para o combate. Os espartanos queimavam enxofre para produzir substâncias tóxicas nos embates da guerra do Peloponeso em 429 a.C.. Em 200 a.C., os cartagineses contaminaram os tonéis de vinho dos inimigos com uma raiz chamada Mandrágora que provoca sono narcótico (COLASSO & AZEVEDO, 2011).

Os nativos da América do Sul utilizaram o "curare", anestésico extraído da pele de rãs, para caça e também em guerras tribais; outros índios, habitantes da região de Pernambuco, queimavam grandes quantidades de pimenta, deixando que a fumaça despreendida fosse levada pelo vento até os inimigos, causando irritação nos olhos (SILVA *et al.*, 2012). Note-se que, nessas épocas, não há o que se falar em agentes químicos de guerra e muito menos na correlação entre eles e os agrotóxicos.

Foi durante a Primeira Guerra Mundial que os agentes químicos foram inicialmente utilizados, porém, a maioria deles foi descoberta nos séculos XVIII e XIX. Carl Scheele, químico sueco, descobriu o cloro em 1774 e em 1782 determinou as propriedades e composição do cianeto de hidrogênio. O cloreto de cianogênio foi sintetizado pela primeira vez pelo químico francês Claude Louis Berthollet, em 1802. Humphry Davy, químico britânico, desenvolveu a síntese do fosgênio, em 1812. O dicloroetilsulfeto, conhecido como agente mostarda, foi sintetizado, em 1822, e identificado, em 1886, por Victor Meyer. Em 1848, John Steinhouse, químico escocês, sintetizou a clorpicrina (SMART, 1997).

As armas de destruição em massa, re-

presentadas de início pelos agentes químicos de guerra, ganharam importância bélica por ocasião da Primeira Guerra Mundial, marco considerado o início da guerra química moderna (DELFINO, RIBEIRO, FIGUEROA, 2009). No início, tanto os franceses como os britânicos estavam investigando e testando diversas armas químicas. Os alemães, seguindo a proposta do Prof. Walter Nernst, partiram para utilização de clorossulfato de dianisidina. Devido à proibição internacional de armas químicas de 1899, os alemães prepararam as bombas com projéteis explosivos com finalidade de disfarçar o gás. Em 27 de outubro de 1914, os alemães lançaram 3.000 bombas na Neuve-Chapelle, mas sem efeitos visíveis, pois a carga explosiva das bombas neutralizou boa parte do agente químico (SZINICZ, 2005).

Os alemães continuaram a pesquisar armas químicas, e, em novembro de 1914, o Dr. Hans von Tappen as projetou com brometo de xilita. Foram lançadas mais de 18.000 bombas contra os russos, porém, a vaporização do gás foi impedida devido à temperatura fria (HILMAS, SMART, HILL, 2008).

O conceito de criar nuvem de gás tóxico foi proposto pelo Prof. Fritz Haber, do Instituto de Física de Berlim, em 1914 (ganhador do Prêmio Nobel de Química, em 1918, pelo processo de produção da amônia). Devido à escassez de granadas, uma nuvem de gás químico poderia incapacitar os combatentes inimigos sem a utilização de explosivos, além do que, a liberação do gás se dispersaria por uma área muito mais ampla do que ataques de artilharia. Foi selecionado o gás cloro, devido a sua abundância na indústria alemã da época (SMART, 1997; HILMAS, SMART, HILL, 2008).

Em abril de 1915, ocorreu o primeiro ataque alemão bem sucedido. No final da tarde de 22 de abril de 1915, membros de uma unidade especial do exército alemão, devidamente protegidos (eles haviam estudado cuidadosamente as condições meteorológicas e o comportamento do vento) abriram válvulas de mais de 6.000 cilindros, distribuídos ao longo da trincheira francesa em, Ypres, Bélgica. Em 10 minutos, 160 toneladas de gás cloro foram liberadas. As tropas francesas estavam totalmente despreparadas para o ataque alemão com a nova e terrível arma. O ataque surpresa do gás cloro permitiu a ruptura da frente francesa ao lon-

go de 6 km, provocando pânico. Em questão de minutos a nuvem de gás cloro matou mais de 1.000 soldados franceses e feriu mais de 4.000. Não esperando que o ataque tivesse sucesso, os aliados foram surpreendidos, assim como os alemães, que não possuíam tropas suficientes na área para aproveitar o grande espaço criado nas linhas defensivas aliadas (FITZGERALD, 2008).

Foi neste exato momento que os temíveis agentes químicos de guerra, foram reconhecidos pela alta capacidade de destruição, em especial, da vida humana. Por essa característica devastadora, foram denominados de "Armas de Destruição em Massa".

Os alemães utilizaram o cloro em um novo ataque, em Ypres, no dia 24 de abril de 1915, e mais outras quatro vezes em maio do mesmo ano (SMART, 1997; FITZGERALD, 2008).

Após os ataques alemães, os franceses e britânicos começaram a desenvolver estratégias para atacar o inimigo com armas químicas. Em setembro de 1915, os aliados realizam um ataque com gás cloro contra os alemães nas trincheiras em Flanders (SMART, 1997).

Na realidade, com mostra a Tabela 1, a seguir, as armas químicas foram utilizadas em larga escala ao longo Primeira Guerra mundial.

Classe	Nome do Agente	Data e local de emprego
Agentes estenotatórios, irritantes respiratórios, eméticos	Difenil cloroarsina	Julho, 1917 - Alemanha
	Difenil cianoarsina	Maior, 1918 - Alemanha
	Etilcarbazol	Julho, 1918 - Alemanha
	Fenildicloroarsina	Setembro, 1917 - Alemanha
	Etildicloroarsina	Março, 1918 - Alemanha
	Etildibromoarsina	Setembro, 1918 - Alemanha
Agentes lacrimogêneos	Etilbromoacetato	Agosto, 1914 - França
	Xilil brometo	Janeiro, 1915 - Alemanha
	Benzil brometo	Março, 1915 - Alemanha
	Bromometiletilcetona	Julho, 1915 - Alemanha
	Benzil iodeto	Novembro, 1915 - França
	Bromobenzilcianeto	Julho, 1918 - França
	Cloroacetona	Novembro, 1914 - França
	Bromoacetona	Julho, 1915 - Alemanha
	Iodoacetona	Agosto, 1915 - França
	Acroleína	Janeiro, 1916 - França
	Cloropicrina	Julho, 1916 - Alemanha
	Cloropicrina	Agosto, 1916 - Rússia

AGROTÓXICOS - PRESENÇA DIÁRIA NOS ALIMENTOS CONSUMIDOS

Classe	Nome do Agente	Data e local de emprego
Agentes pulmonares - irritantes e gases asfixiantes	Cloro	Abril, 1915 - Alemanha
	Cloreto de metilsulfurila	Junho, 1915 - Alemanha
	Cloreto de etilsulfurila	Junho, 1915 - França
	Clorometilcloroformiato	Junho, 1915 - Alemanha
	Dimetil sulfato	Agosto, 1915 - Alemanha
	Perclorometilmercaptan	Setembro, 1915 - França
	Fosgênio	Dezembro, 1915 - Alemanha
	Difosgênio	Maio, 1916 - Alemanha
	Fenildicloroarsina	Setembro, 1917 - Alemanha
	Etildicloroarsina	Março, 1918 - Alemanha
	Fenildibromoarsina	Setembro, 1918 - Alemanha
	Cloropicrina	Julho, 1916 - Alemanha e Aliados
	Cloropicrina	Agosto, 1916 - Rússia
Agentes vesicantes	Dicloroetil sulfeto - mostarda de enxofre	Julho, 1917 - Alemanha
	Etildicloroarsina	Março, 1918 - Alemanha
Agentes sanguíneos ou agentes sistêmicos	Cianeto de Hidrogênio	Julho, 1916 - França
	Brometo de Cianogênio	Setembro, 1916 - Áustria
	Cloreto de Cianogênio	Outubro, 1916 - França
	Cloreto de fenilcarbamilamina	Maio, 1917 - Alemanha

Fonte: SMART, 1997

Desde 1918, até a Segunda Guerra Mundial foram descritos vários casos de uso de agentes químicos nos mais diversos conflitos, alguns de difícil comprovação. Os eventos documentados mais importantes foram o uso de gás mostarda na Etiópia pela Itália, em 1936. Gás mostarda e outros agentes na invasão da China pelo Japão a partir de 1937 e outros casos não comprovados nos conflitos da Espanha contra tribos locais no Marrocos e da Rússia contra tribos do Curdistão (SILVA et al., 2012).

Em 1937, Gerhard Schard desenvolveu a fórmula geral dos compostos organofosforados, ocorreu, neste período, a fabricação do gás Tabun (GA) e do gás Sarin (GB). Esses compostos foram empregados primeiramente durante a Guerra do Golfo Pérsico pelo Iraque contra os rebeldes curtos. Os compostos organofosforados, além de serem empregados como agentes químicos de guerra, atualmente alguns organofosforados são amplamente utilizados como praguicidas (SZINICZ, 2005).

Estima-se que a Alemanha tenha fabricado aproximadamente 12 mil toneladas desses agentes na II Guerra Mundial. Apresentam o nome químico, e duas letras do código OTAN – agentes da série G (Germany) e série V (“venomous” – ve-

nenosos) (SMART, 1997).

Juntamente com a busca pelo desenvolvimento de agrotóxicos a partir de compostos organossintéticos foi constatado a grande letalidade para o ser humano de alguns compostos até então sintetizados. Por essa razão, o extremo valor bélico verificado fomentou pesquisas e desenvolvimento das primeiras armas de guerra química altamente letais.

Foi, então, durante a Segunda Guerra Mundial, que se desenvolveram os mais potentes agentes químicos de guerra. Verdadeiras armas de destruição em massa, os chamados organofosforados neurotóxicos, ou “agentes dos nervos”. Como exemplos, podem ser citados o Sarin, o Somam, o Tabun e o agente VX. Estes agentes possuem toxicidade várias vezes maior do que seus similares conhecidos até então e que foram inicialmente planejados como agrotóxicos (SILVA et al., 2012).

É fato que os agentes químicos devem apresentar algumas características para que sejam considerados agentes químicos de guerra, dentre essas características, as principais são (COLASSO & AZEVEDO, 2012):

- serem efetivos em baixas concentrações;
- possuírem volatilidade;
- terem estado de agregação apropriado;
- terem estabilidade à estocagem;
- penetrarem no organismo por várias vias: respiratória, dérmica e ocular

Diante das características apresentadas, verifica-se que os agrotóxicos não são agentes químicos de guerra, muito embora agentes químicos como o cloro, e o agente laranja (organofosforado bem semelhante ao glifosato, um dos herbicidas mais usados em todo o mundo, sob o nome comercial de *Round-up*) foram empregados na Primeira guerra mundial e na Guerra do Vietnã, respectivamente, causando muitas baixas.

Um fato importante é que os agrotóxicos, apesar de não serem agentes químicos de guerra, como verificado anteriormente; possuem estrutura química semelhante aos mesmos e por essa razão provocam, ainda que de forma bem reduzida, muitos males próprios dos agentes químicos de guerra. A utilização dos agrotóxicos, como substâncias elaboradas para o uso agrícola, toma força na década de 1920. Naquela época, era pouco o conhecimento do ponto de vista toxicológico, motivo que os fez serem utilizados indiscriminadamente.

Embora a indústria de agrotóxicos tenha surgido após a Primeira Guerra Mundial, seu uso foi difundido nos Estados Unidos e na Europa após a Segunda Guerra Mundial. Foi aproximadamente também neste período, notadamente após 1975, que se efetivou a instalação da indústria de agrotóxicos no território nacional, constituída pelas principais empresas fabricantes destes produtos em nível mundial, atualmente conhecidas como “transnacionais” (TERRA, 2008).

Construiu-se no Brasil uma estrutura de mercado dos agrotóxicos caracterizada pelo elevado grau de concentração, de formato oligopolista típico, concernente com o que se observa nesta indústria em nível mundial. O mercado brasileiro de agrotóxicos apresentou crescimento significativo: entre 1977 e 2006 o consumo de agrotóxicos expandiu-se, em média, 10% ao ano, de forma que o Brasil esteve, desde meados dos 1970 até 2007, entre os seis maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (TERRA, 2008).

2.3 Controvérsias Sobre a Denominação dos Agrotóxicos

Agrotóxicos, biocidas, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, remédios de plantas, venenos, agroquímicos são apenas algumas das várias denominações relacionadas a um grupo de substâncias químicas utilizadas no controle de pragas e doenças de plantas (TERRA, 2008; ABAD, 2006; MARASCHIN, 2003; LONDRES, 2011). Deve-se ressaltar que a literatura científica internacional utiliza amplamente o termo em inglês “pesticide” para denominar o que, no Brasil, é definido como agrotóxico.

A legislação pátria, por meio da Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, define: “Agrotóxicos são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento” (BRASIL, 1989).

Essa definição exclui fertilizantes e quími-

cos administrados a animais para estimular crescimento ou modificar comportamento reprodutivo. O termo “agrotóxico” ao invés de “defensivo agrícola” passou a ser utilizado, no Brasil, para denominar os venenos agrícolas, colocando em evidência a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e a saúde humana (LONDRES, 2011).

Com outra conotação, a United States Environmental Protection Agency (EPA) designa por pesticida qualquer substância ou mistura de substâncias destinadas a prevenir, destruir, repelir ou atenuar qualquer peste. Em torno desse mesmo contexto, assevera a referida agência que, apesar de muitas vezes a denominação pesticida ser equivocadamente utilizada para referir-se apenas aos inseticidas, o termo também se aplica aos herbicidas, acaricidas, fungicidas, e várias outras substâncias utilizadas para controlar pragas. Além disso, a legislação dos Estados Unidos da América (EUA) complementa, ampliando a definição de pesticida, ao incluir no campo de ação dos mesmas substâncias ou mistura de substâncias destinadas para o uso como um regulador de crescimento vegetal, desfolhante e dessecante (SANCHES, 2003).

Na realidade, não existe um consenso geral, e acreditamos que dificilmente haverá, sobre qual seria o termo a ser utilizado. O que se verifica é uma discussão na qual o emprego da nomenclatura mais adequada varia de acordo com os interesses dos grupos envolvidos para realçar ou atenuar as diferentes conotações das substâncias em questão.

2.4 Classificação dos Agrotóxicos

Uma importante abordagem com relação aos agrotóxicos é a sua classificação. Há inúmeras classificações, sendo que é por meio delas que se podem extrair informações relevantes e de arcabouço decisório em diversos setores. Os vários aspectos que os mesmos apresentam e as inúmeras finalidades para as quais são utilizados constituem alguns dos critérios de classificação (SANCHES, 2003; CAMPOS, 2009). A seguir, serão apresentadas algumas das principais classificações dos agrotóxicos.

2.4.1 Quanto à Estrutura Química:

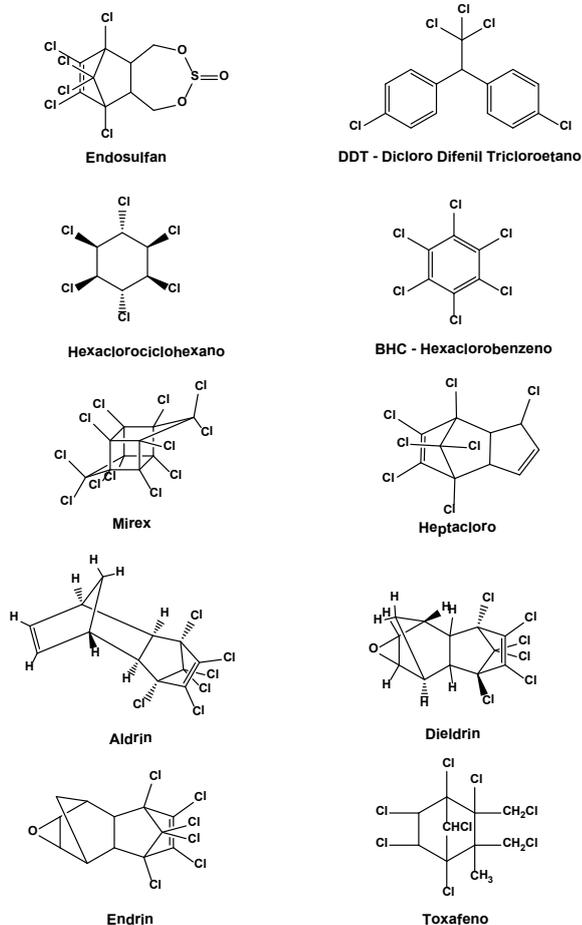
De acordo com esta classificação, os agrotóxicos são agrupados conforme a semelhança das estruturas moleculares do princípio ativo que os constituem. A informação produzida por meio

dessa classificação é a possibilidade do conhecimento acerca do comportamento químico da substância usada como agrotóxico. Ela fornece, por exemplo, informações sobre sua persistência (tempo de permanência sem sofrer degradação química) no terreno e sua ação sobre o organismo alvo e nos seres humanos que venham a se contaminar (MARASCHIN, 2003; GARCIA, 1997).

As principais classes de agrotóxicos, segundo a estrutura química, são: (MARASCHIN, 2003; GARCIA, 1997; EUA, 2012).

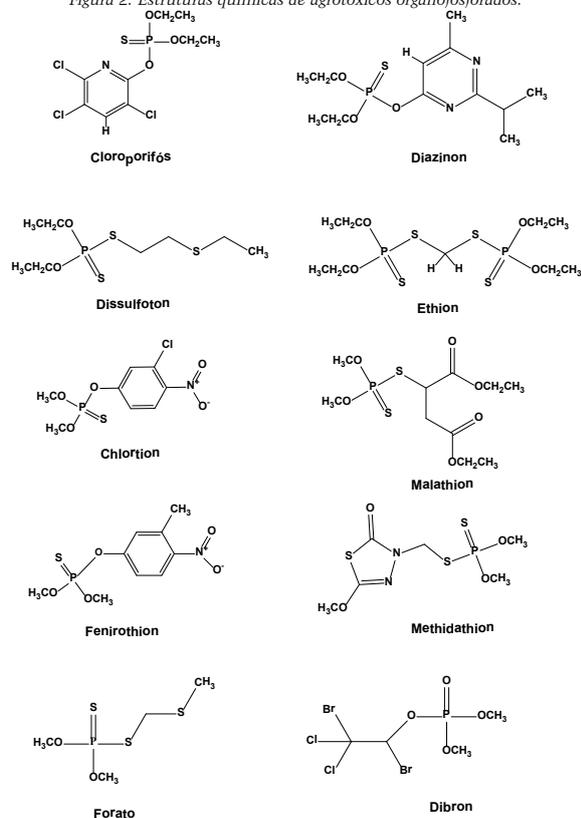
a) organoclorados: São agrotóxicos orgânicos sintéticos que possuem o elemento cloro em suas moléculas. São muito persistentes no ambiente devido à grande estabilidade físico-química e não são voláteis a temperatura ambiente. São compostos lipofílicos, apresentando forte tendência de se bioacumular nos tecidos gordurosos dos organismos ao longo da cadeia alimentar (FLORES *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2010; FREIRE, 2000). Estruturas químicas de agrotóxicos organoclorados são apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Estruturas químicas de agrotóxicos organoclorados.



b) organofosforados: São agrotóxicos derivados orgânicos do ácido fosfórico e tiossulfônico, constituintes da maioria dos agrotóxicos atuais. Apresentam alta toxicidade ao organismo alvo, inibição da enzima acetilcolinesterase e alta taxa de degradação no ambiente. Apesar de serem lipossolúveis como os organoclorados, decompõem-se dentro de dias ou semanas, razão pela qual são raramente encontrados na cadeia alimentar, o que representa um avanço sobre os organoclorados (SANCHES, 2003; SANTOS & DONNICI, 2007). Na Figura 2, são apresentadas estruturas químicas de agrotóxicos organofosforados.

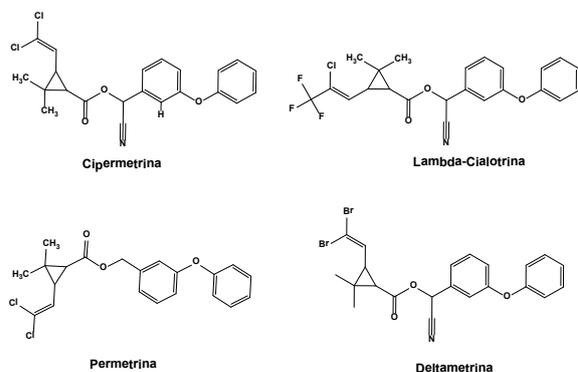
Figura 2: Estruturas químicas de agrotóxicos organofosforados.



c) piretróides: São derivados sintéticos das piretrinas, ésteres tóxicos isolados das flores das espécies de *chrysanthemum cinerariaefolium* e espécies relacionadas). As piretrinas foram utilizadas como agrotóxicos durante muitos anos, devido a sua ação sob uma vasta variedade de insetos e à baixa toxicidade em mamíferos, quando em circunstâncias de uso adequado. Por outro lado, as piretrinas naturais apresentam grande instabilidade à luz solar e ao ar, o que diminui a sua eficácia no controle de

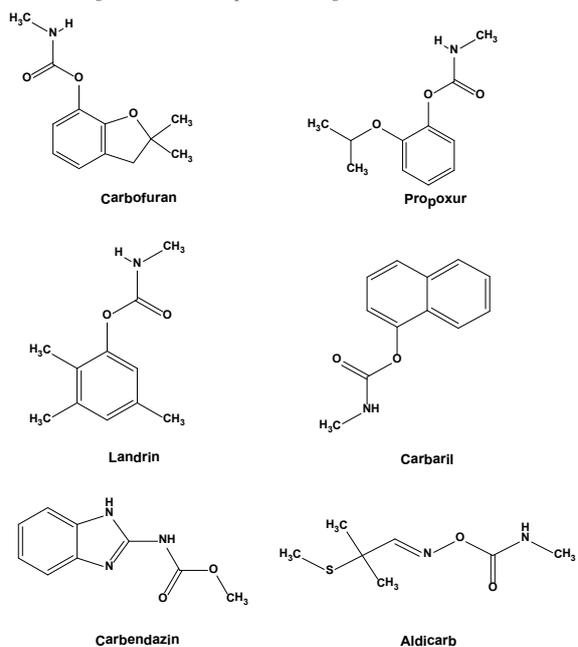
pragas da agricultura e de outros insetos (VALENTINE, 1990; NASUTI, 2003; SANTOS, 2007). Na Figura 3, são apresentadas estruturas químicas de agrotóxicos piretróides.

Figura 3: Estrutura química de agrotóxicos - piretróides.



d) carbamatos: Fazem parte de um grande grupo de agrotóxicos sintéticos, derivados de ésteres do ácido carbâmico. Foram desenvolvidos e usados em grande escala nos últimos quarenta anos e mais de cinquenta carbamatos são conhecidos. Apresentam alta eficiência, baixa ação residual e baixa toxicidade em longo prazo, com amplo espectro de uso (SANCHES, 2003; EUA, 2012; SANTOS & DONNICI, 2007). Na Figura 4, são apresentadas estruturas químicas de agrotóxicos carbamatos.

Figura 4: Estruturas químicas de agrotóxicos - carbamatos



2.4.2 Quanto ao Modo de Ação

Os agrotóxicos são classificados segundo a forma de ação: de contato, quando o organismo alvo é atingido diretamente pelo mesmo; de ingestão, quando o agrotóxico atua após ser ingerido; ou sistêmico, quando o agrotóxico é absorvido por uma parte da planta e transportado para todos os tecidos vasculares, exercendo uma ação fitotóxica no vegetal indesejado ou agindo contra insetos quando estes se alimentam da seiva que contém quantidade suficiente de agrotóxico para uma ação tóxica (MARASCHIN, 2003).

2.4.3 Quanto ao Grau de Toxicidade

Outro significativo critério de classificação é o exposto no Decreto Presidencial nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990, que dispõe acerca dos agrotóxicos e produtos afins. Nesta norma, evidencia-se a preocupação em que os agrotóxicos sejam classificados, também, segundo a toxicidade que podem provocar aos seres humanos (OMS, 2009). Esta classificação é fundamental para o conhecimento da toxicidade de um produto, do ponto de vista de seus efeitos agudos. No Brasil, a classificação toxicológica está a cargo do Ministério da Saúde, sendo que, por determinação legal, todos os produtos devem apresentar nos rótulos uma faixa colorida indicativa de sua classe toxicológica que são (SANTOS & DONNICI, 2007):

- classe I – extremamente tóxico, faixa **VERMELHA**;
- classe II – altamente tóxico, faixa **AMARELA**;
- classe III – medianamente tóxico, faixa **AZUL**, e
- classe IV – pouco tóxico, faixa VERDE.

A classificação proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2009) considera três fatores:

A dose letal média (DL_{50}) do agrotóxico formulado, que considera a quantidade da substância tóxica que produz uma mortalidade de 50% dos animais de prova, em condições controladas por um tempo de 24 horas (a DL_{50} é expressa em miligrama de agrotóxico por quilograma de peso do animal);

A forma de contato do agrotóxico que pode ser oral ou dérmica, e

O tipo de formulação, podendo ser sólida ou líquida.

A Tabela 2, a seguir, apresenta a classificação dos agrotóxicos quanto à toxicidade aguda.

Tabela 2: Classificação dos agrotóxicos segundo a toxicidade expressa em DL₅₀

Classe do agrotóxico	DL50 para ratos (mg kg ⁻¹ de peso corporal)			
	Via de entrada			
	Oral		Dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
I Extremamente tóxica (faixa vermelha)	< 5	< 20	< 10	< 40
II Altamente tóxica (faixa amarela)	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400
III medianamente tóxica (faixa azul)	50 a 500	200 a 2000	100 a 1000	400 a 4000
	> 500	> 2000	> 1000	> 4000
IV Pouco tóxica (faixa verde)	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

Fonte: OMS, 2009.

2.5 Danos à Saúde Humana

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2009) estima que cerca de 3% dos trabalhadores que são expostos aos agrotóxicos acabam sofrendo alguma forma de intoxicação, perfazendo um total de aproximadamente três milhões de envenenamentos humanos por agrotóxicos em todo o mundo ao longo de um ano. Destes, 700 mil desenvolvem distúrbios neurológicos e outros efeitos adversos; uma parcela de 80 mil apresentam câncer, e em 220 mil casos a morte é o resultado final dos usuários. Uma estatística levantada que é extremamente alarmante é o de suicídios ocasionados com a utilização de agrotóxicos: estima-se que a ingestão voluntária destes “venenos agrícolas” ocasiona 370 mil óbitos por ano no mundo (ABAD, 2006).

Ainda com relação aos suicídios, há estudos que indicam haver forte relação en-

tre o uso de certos agrotóxicos e o alto índice de suicídios entre agricultores. É que algumas substâncias possuem propriedades que podem afetar o sistema nervoso central e acabam por provocar transtornos psiquiátricos, culminando com ato extremo de eliminar a própria vida, comumente, bebendo o veneno usado na lavoura (LONDRES, 2011; RILEY *et al.*, 2011).

Uma das maneiras frequentes de contaminação por agrotóxicos é a que ocorre quando se consome água. Os efeitos sobre a saúde humana decorrentes do consumo de água contaminada por agrotóxicos variam segundo a classe toxicológica do mesmo. Destacam-se os distúrbios hepáticos, danos ao sistema nervoso central, como dores de cabeça, tonturas, irritabilidade, movimentos musculares involuntários, transtornos cardiovasculares e reprodutivos. Há ainda evidências de desregulação endócrina e danos oculares e renais, além de anemia e aumento do risco de desenvolvimento de câncer (CAMPOS, 2009; LONDRES, 2011).

Uma forma, um tanto quanto controversa, que os órgãos responsáveis encontraram para realizar o controle dos níveis de contaminação de agrotóxicos na água, supostamente potável, foi o estabelecimento de limites permitidos de resíduos de agrotóxicos na água de abastecimento humano. Por um lado, é questionável os fundamentos por meio dos quais são estabelecidos os “níveis seguros” de veneno que poderiam ser ingeridos todos os dias sem que ocasionassem quaisquer problemas. Há, atualmente, uma tendência de se considerar que não existe dose segura diferente de zero. O fato é que nenhum estudo laboratorial pode comprovar com toda certeza que determinada quantidade de agrotóxico é inócua para a saúde das pessoas. Estudos feitos com cobaias sugerem que certos níveis de resíduo podem ser tolerados sem qualquer prejuízo para saúde, contudo o avanço científico-tecnológico pode provar o contrário. Na verdade, para alguns especialistas, a determinação de limites aceitáveis de resíduos representa um meio de “legalização da contaminação” (LONDRES, 2011).

No ser humano, os organoclorados agem no sistema nervoso central e no sistema de defesa do organismo. Os agrotóxicos desta classe inferem sérias lesões hepáticas e renais. Alguns produtos desse grupo lesam o cérebro, outros os músculos do coração, a medula óssea, o córtex

da suprarrenal, o DNA etc. Casos de câncer em órgãos do aparelho digestivo, pulmão e rim foram registrados em pessoas contaminadas com BHC (hexaclorobenzeno). 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 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 (D'AMATO *et al.*, 2002; FLORES *et al.*, 2004).

Um dos agrotóxicos extremamente danoso ao ser humano é o endossulfam, entretanto ele também é fundamental para diversas culturas, razão pela qual existem esforços no sentido de sua substituição por outro agrotóxico que seja menos prejudicial, mas que possua qualidades semelhantes sob o ponto de vista econômico. Existem evidências de que o agrotóxico organoclorado endossulfam age como um desregulador endócrino em humanos, com potencial de afetar a síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação dos hormônios naturais do corpo que são responsáveis pela manutenção da homeostase, reprodução, desenvolvimento e/ou comportamento, além de ser um agente neurotóxico (PAUL & BALASUBRAMANIA, 1997; TAGLIAFERRO, 2009; MOR & OZMEN, 2010). De acordo com a nota técnica de reavaliação toxicológica do ingrediente ativo endossulfam realizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as intoxicações agudas decorrentes do referido composto são um grave problema de saúde pública pelos seguintes aspectos (BRASIL, 2009):

- a) aspectos clínicos: gravidade do quadro de intoxicação, alta letalidade, sequelas pós-intoxicação;
- b) epidemiológicos: grupos humanos vulneráveis à exposição; grande amplitude de exposição rural, urbana, bacias hidrográficas e ecossistemas;
- c) ocorrência de acidentes ampliados;
- d) relevância para a saúde ambiental, e
- e) alto custo para os sistemas públicos de saúde para tratamento de casos de intoxicações e das sequelas.

Uma constatação preocupante foi verificada, em 2009, por meio do Programa de

Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA), da ANVISA. Foram realizadas análises de 20 culturas alimentares (abacaxi, alface, arroz, banana, batata, beterraba, cebola, cenoura, couve, feijão, laranja, maçã, mamão, manga, morango, pepino, pimentão, repolho, tomate e uva). Destas culturas, nenhuma possui autorização de uso do agrotóxico endossulfam. No entanto, os resultados demonstram que em 14 dessas culturas foi constatada a presença do mesmo (BRASIL, 2009).

Em julho de 2010, a Agência dos Estados Unidos voltada para a proteção ambiental, EPA, iniciou medidas, visando ao término de todas as formas de utilização do agrotóxico endossulfam. Entre os argumentos que fundamentaram a decisão estavam os elevados riscos para a saúde dos trabalhadores rurais e a vida selvagem, além da extrema persistência no meio ambiente do referido composto (EUA, 2012).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou, em 16 de agosto de 2010, resolução que determina o banimento do ingrediente ativo endossulfam do Brasil. A determinação é fundamentada em estudos toxicológicos que associam o uso desse agrotóxico, considerado extremamente tóxico, a problemas reprodutivos e endócrinos em trabalhadores rurais e na população (BRASIL, 2009).

Outro importante grupo de agrotóxicos, vislumbrado sob o enfoque toxicológico, são os organofosforados. Eles são conhecidos por seu efeito anticolinesterásico por meio do qual inibe a enzima acetilcolinesterase, responsável pela hidrólise da acetilcolina, levando a um acúmulo deste neurotransmissor nas sinapses nervosas. Existem várias formas de tratamento para a intoxicação por organofosforados, mas nenhuma delas ainda se mostrou eficaz contra todos os agentes conhecidos ou contra todos os seus efeitos. Vale ainda ressaltar que compostos organofosforados foram amplamente empregados como agentes neurotóxicos de guerra química (DELFINO, RIBEIRO, FIGUEROA, 2009).

Verifica-se que, em virtude do efeito inibidor das colinesterases, os agrotóxicos organofosforados podem ocasionar, em mamíferos, lacrimejamento, salivação, sudorese, diarreia, tremores e distúrbios cardiorrespiratórios. Estes últimos são decorrentes de broncoconstrição, aumento das secreções brônquicas e bradicardia, bem como de depressão do sistema nervoso

central, sendo as principais causas de morbidade e mortalidade por tais produtos (KÖRBES, 2009).

Os agrotóxicos organofosforados constituem um dos principais responsáveis por intoxicações ocupacionais no campo. Quando comparados com os organoclorados são considerados mais tóxicos, entretanto, não se bioacumulam em tecidos gordurosos ao longo da cadeia alimentar. Face à elevada lipossolubilidade que apresenta, é absorvido pelo organismo humano, especialmente pela pele, além de membranas mucosas e pela via respiratória (PENA *et al.*, 2003).

Os organofosforados estão entre os agrotóxicos mais consumidos em todo o planeta, um exemplo disso é o herbicida glifosato produzido pela transnacional Monsanto sob o nome comercial de *roundup*. Este herbicida seletivo foi utilizado no combate ao narcotráfico na Colômbia. A fumigação aérea, financiada pelos Estados Unidos, de plantações colombianas de coca perto da fronteira com o Equador, afetou severamente o DNA da população local. Mos-tras de sangue de 24 equatorianos, que vivem a uma distância de até três quilômetros da fronteira setentrional, apresentaram aberrações de cromossomos entre 600% e 800% superiores aos das pessoas que vivem a 80 quilômetros. Os equatorianos apresentaram imediatamente dores intestinais e vômitos, diarreia, dores de cabeça, tonturas, ardor nos olhos e na pele, visão embaçada e dificuldade para respirar (STEPHEN, 2012).

Um dos inseticidas organofosforados mais utilizados, sendo eficaz contra um amplo espectro de pragas de insetos de culturas é o organofosforado clorpirifós. Foi introduzido pela transnacional Dow Chemical Company, nos Estados Unidos da América, para o uso generalizado como um inseticida foliar para as culturas como arroz, cereais, algodão, tabaco, hortaliças, pastagens e plantas de horticultura ornamental. É, justamente, por sua grande utilização e elevada toxicidade que deve ser dada especial atenção (XIONG, 2008, EUA, 2012).

O clorpirifós atua inibindo a enzima acetilcolinesterase, que provoca o acúmulo de acetilcolina nas sinapses das células nervosas, interrompendo a condução dos impulsos nervosos. A agência dos Estados Unidos responsável pela proteção ambiental exigiu a eliminação

progressiva do uso de clorpirifós naquele país. No início, seu uso havia sido reduzido para aplicações comerciais específicas até 2002, excluindo-se a utilização domissanitária. Atualmente, estudos apontam que o clorpirifós representa grande risco para o desenvolvimento de crianças (EUA, 2012).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) concluiu que as intoxicações causadas pelo clorpirifós podem provocar distúrbios cerebrais e no desenvolvimento de crianças. Por isso, proibiu a industrialização, produção, distribuição, comercialização e entrega de inseticidas à base do princípio ativo clorpirifós (BRASIL, 2009).

2.6 Danos ao Meio Ambiente

O crescimento da demanda mundial de alimentos tem provocado aumento na utilização de agrotóxicos nas lavouras. Como consequência, surgiu o problema dos resíduos tóxicos que passam para os alimentos ou para o meio ambiente, acarretando grande mortalidade de peixes e aves. As águas superficiais são contaminadas pela lavagem do solo por enxurradas e pela ação do vento que carrega o agrotóxico, ao passo que os lençóis freáticos podem ser contaminados com a percolação desses compostos.

Contribuindo com o mencionado, já de longo tempo os compostos organoclorados têm sido considerados como grandes responsáveis pelos problemas de contaminação ambiental, principalmente porque estes compostos são, em geral, altamente tóxicos, de difícil degradação natural e tendem a se bioacumular no meio ambiente. Dioxinas e furanos clorados, por exemplo, podem ser liberados no meio ambiente em processos de combustão incompleta. Grande parte da ação tóxica destas espécies pode ser constatada em microrganismos aquáticos, nos quais é comum o aparecimento de anormalidades no sistema reprodutivo e imunológico. Embora atualmente controlada, a utilização de agrotóxicos organoclorados tem sido uma das principais fontes de contaminação nas últimas décadas (ALVES *et al.*, 2010; FREIRE, 2000).

Atualmente o desafio consiste em desenvolver agrotóxicos cada vez mais seletivos e menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, assim como possibilitar a substituição dos agrotóxicos pelo controle com agentes biológi-

cos naturais para atenuação das pragas e pelo melhoramento genético das plantas (MARASCHIN, 2003).

Moléculas de alto peso molecular, contendo halogênios e/ou anéis aromáticos condensados, ligações de carbono e cloro como é o caso dos agrotóxicos organoclorados, conferem a estes compostos elevada estabilidade, fazendo com que sejam mais persistentes, foi possível constatar a presença do agrotóxico endossulfam, organoclorado até no Ártico (FLORES *et al.*, 2004; WEBER *et al.*, 2010).

Muitos compostos organoclorados, oriundos tanto de fontes agrícolas como industriais, apresentam, frequentemente, 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 (PELEGRINE, 2011).

2.7 Importância para a Economia Brasileira

O Brasil se caracteriza como um dos países entre os que têm uma das maiores evoluções no consumo de agrotóxicos do mundo. Além de as condições de país tropical forçar os produtores a utilizá-los mais, o país faz duas safras por ano, o que não acontece nos países frios.

Os produtores rurais brasileiros estão usando mais agrotóxicos em suas lavouras. Apesar do expressivo crescimento da área cultivada com sementes transgênicas, tecnologia que prometia reduzir o uso de químicos na produção agrícola, as vendas desses produtos aumentaram mais de 72% entre 2006 e 2012, de 480,1 mil para 826,7 mil toneladas.

O bom desempenho do agronegócio se refletiu nas vendas de agrotóxicos em 2011. As indústrias terminaram o ano com vendas recorde de US\$ 8,5 bilhões, 16,3% mais do que as de 2010 e o dobro do apurado em 2005. Trata-se do segundo maior mercado do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. Em reais, a comercialização somou R\$ 14,1 bilhões, com evolução de 11% (LONDRES, 2011).

A produção de grãos (soja, milho, trigo, arroz e feijão) deverá passar de 139,7 milhões

de toneladas em 2007/08 para 180 milhões em 2018/19. Isso indica um acréscimo de 40 milhões de toneladas à produção atual do Brasil. A produção de carnes (bovina, suína e aves) deverá aumentar em 12,6 milhões de toneladas. Isso representa um acréscimo de 51% em relação à produção de carnes de 2008. Há três outros produtos com elevado crescimento previsto que são: o açúcar, mais 14,5 milhões de toneladas; o etanol, 37 bilhões de litros e o leite, 9 bilhões de litros (LONDRES, 2011).

Por outro lado, a presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos, em dosagem acima dos níveis internacionalmente aceitos, pode motivar a devolução dos mesmos ou inibir as relações de exportação/importação entre diferentes países (SANCHES, 2003).

3 CONCLUSÃO

Ao longo de toda história da humanidade, o maior dispêndio verificado de esforços, em todos os sentidos, foi sempre dirigido para a sobrevivência. E é, nessa busca interminável, que surge a promissora utilização, ainda que tímida, de produtos que seriam mais tarde denominados de agrotóxicos.

Na realidade, a despeito de inúmeras opiniões divergentes, pode-se asseverar que os agrotóxicos foram importantes em promover a vida do ser humano em todo o planeta Terra. Quer seja aumentando, de forma vertiginosa a produção agrícola de alimentos; quer seja eliminando vetores transmissores de doenças, milhões de vidas foram salvas em todo do mundo.

Por outro lado, a semelhança da estrutura química com os agentes químicos de guerra, o uso indiscriminado, legislação dispare com as necessidades sociais, a falta de informação e pesquisas científicas polarizadas fazem, hoje, dos agrotóxicos um perigo ao ser humano, animais e meio ambiente. São necessários, mas, também, são prejudiciais.

Por fim, o que se espera é que a ciência e a tecnologia: viabilizem o uso dos agrotóxicos, reduzindo o impacto ambiental a patamares sustentáveis; sintetizem princípios ativos mais seletivos, menos persistentes e bem menos agressivos à vida humana e animal e, por fim, descubram meios efetivos para atender à imperiosa demanda pela degradação de agrotóxicos que contaminam alimentos, solos e as águas por todo planeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ABAD, F. C.** Determinação multirresíduo de pesticidas em cenouras utilizando extração com líquido pressurizado e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. 2006. 122 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.
- **ALVES, M. I. R.; FILHO, N. R. A.; OLIVEIRA, L. G.; FURTADO, S. T. F.** Avaliação da contaminação por pesticidas organoclorados em recursos hídricos do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, n.1, p. 67-74, 2010.
- **BRAGA, G. N. M.** Agrotóxicos: um pouco de História. 2009. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2009/04/agrotoxicos-um-pouco-de-historia.html>>. Acesso em: 23 julho de 2012.
- **BRASIL.** Ministério da Saúde. ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Nota Técnica de Reavaliação Toxicológica do Ingrediente Ativo Endossulfam, 2009. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/39683b804745869d8fecdf3fbc4c6735/Nota+técnica+final+do+endossulfam%2C+após+a+Consulta+Pública.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 20 agosto de 2012.
- **BRASIL.** Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos e afins. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 12 julho de 1989, p. 011459.
- **BRASIL.** Decreto Presidencial nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990. Dispõe sobre agrotóxicos e afins. *Brasília, DF, Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 julho de 1989.*
- **CAMPOS, M. M.** Estudo da remoção e toxicidade dos pesticidas atrazina e oxifluorfen pela cianobactéria *microcystis novacekii* em condições de cultivo. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.
- **COLASSO, C. G.; AZEVEDO, F. A.** Riscos da utilização de Armas Químicas. Parte I - Histórico. *RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 4, n. 3, p. 137- 172, 2011.
- **COLASSO, C.; AZEVEDO, F. A.** Riscos da utilização de Armas Químicas. Parte II: Aspectos Toxicológicos. *RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 5, n. 1, p. 7-47, 2012.
- **D'AMATO, C. et al.** DDT (dicloro-difenil-tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental. Uma revisão. *Química Nova*, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.
- **DELFINO, R. T.; RIBEIRO, T. S.; FIGUEROA, J. D.** Organophosphorus Compounds as Chemical Warfare Agents: a Review. *Journal Brazilian Chemical Society*, v. 20, n.3, p. 407-428, 2009.
- **ESTADOS UNIDOS (EUA).** ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). About Pesticides. Pesticides Home. Disponível em: <<http://www.epa.gov/pesticides/about/index.htm>>. Acesso em 11 de julho 2012.
- **FITZGERALD, G. J.** Chemical Warfare and Medical response during World War I. *American Journal of Public Health*, v. 98, n. 4, p. 611-625, 2008.
- **FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R.** Organoclorados: Um problema de saúde pública. *Ambiente e Sociedade*, v. 7, n. 2, 2004.
- **FREIRE, R. S.** Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, v.23, n.4, p. 504-511, 2000.
- **GARCIA, J. E.** Introducción a los plaguicidas, 1a ed. San José, C. R.: EUNED, 1997. 476 p.
- **HILMAS, C. J.; SMART, J. K.; HILL, B.** History of Chemical Warfare. In: TUORINSKY, S. D. Chapter 2. Medical Aspects of Chemical Warfare. Washington, DC, Borden Institute, 2008.
- **KOESUKWIWAT, U.; LEHOTAY, S. J.; MASTOVSKA, K.; DORWEILER, K. J.; LEEPIPATPIBOON, N.** Extension of the QuEChERS method for pesticide residues in cereals to flaxseeds, peanuts, and doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, p. 5950-5958, 2010.
- **KÖRBES, D.** Toxicidade de Agrotóxico Organofosforado no Sistema Auditivo Periférico de Cobaías: Estudo Anatômico e Funcional. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.
- **LEHOTAY, S. J. et al.** Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables. *Journal of Chromatography A*, v. 1217, p. 2548-2560, 2010.
- **LONDRES, F.** Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: AS-PTA- Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011. 191 p.
- **MARASCHIN, L.** Avaliação do grau de contaminação por pesticidas na água dos principais rios formado-

- res do pantanal mato-grossense. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Mato Grosso, Mato Grosso, 2003.
- **MOR, F. A.; OZMEN, O.** Endosulfan-induced neurotoxicity and serum acetylcholinesterase inhibition in rabbits: The protective effect of Vit C. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 96, p. 108-112, 2010.
 - **NASUTI, C. et al.** Different effects of type I and type II pyrethroids on erythrocyte plasma membrane properties and enzymatic activity in rats. *Toxicology*, v.191, n. 2-3, p. 233-244, 2003.
 - **OMS.** Organização Mundial da Saúde. *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guideline to Classification*. 2009.
 - **PAUL, V.; BALASUBRAMANIA, E.** Effects of single and repeated administration of endosulfan on behaviour and its interaction with centrally acting drugs in experimental animals: a mini review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v.3, n. 151-157, 1997.
 - **PELEGRINE, R.; et al.** Agroecossistemas e seus impactos ambientais: A ação dos agrotóxicos no meio ambiente. Universidade Federal de São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/75109589/Agroecossistemas-e-Seus-Impactos-Ambient-a-Is>> Acesso em 30 agosto de 2014.
 - **PENA, M. F. et al.** Método para Determinação de Resíduos de Clorpirifós em Alface por Cromatografia a Líquido de Alta Eficiência. *Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 13, 2003.
 - **PERES, T. B.** Efeito da aplicação de pesticidas na atividade microbiológica do solo e na dissipação do C₁₄paration metílico. 2000. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear-Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
 - **RILEY, P. et al.** Herbicide Tolerance and GM crops: Why the World should be Ready to Round Up Glyphosate. *GM Freeze and Greenpeace*, 2011.
 - **SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M.** Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. *Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 13, p. 53-58, 2003.
 - **SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R.** Piretróides: uma visão geral. *Alimentos e Nutrição. Journal of Food and Nutrician*, Araraquara, v.18, n.3, p. 339-349, 2007.
 - **SANTOS, S. P.** A química dos inseticidas. *Boletim de Química – SPQ*, v. 85, 2002.
 - **SANTOS, V. M. R.; DONNICI, C. L.** Compostos organofosforados pentavalentes: histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais. *Química Nova*, v. 30, n. 1, p. 159-170, 2007.
 - **SILVA, G. R., et al.** Defesa Química: Histórico, Classificação dos Agentes de Guerra e Ação dos Neurotóxicos. *Química Nova*, v. 35, n. 10, p. 2083-2091, 2012.
 - **SMART, J. M. A.** History of Chemical and Biological Warfare: An American Perspective. In: SIDELL, F. R.; TAKAFUJI, E. T.; FRANZ, D. R. *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Chapter 2. Washington, DC, Borden Institute, 1997
 - **STEFHEN, L.** Novos estudos expõem os danos do Glifosato. *Terramérica Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Disponível em: <<http://www.tierramerica.info/nota.php>> Acesso em 5 julho de 2012.
 - **SZINICZ, L.** History of chemical and biological warfare agents. *Toxicology*, n. 214, p. 167-181, 2005.
 - **TAGLIAFERRO, F. A.** Avaliação da Toxicidade Aguda do Inseticida Endosulfan em Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com emprego de Biomarcadores Histológicos. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Estrutural) □ Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
 - **TERRA, F. H. B.** A Indústria de Agrotóxicos no Brasil. 2008. 156 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) □ Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
 - **VALENTINE, W. M.** Toxicology of selected pesticides, drugs, and chemicals. Pyrethrin and pyrethroid insecticides. *Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, v. 20, n. 2, p. 375-382, 1990.
 - **WEBER, J. et al.** Endosulfan, a global pesticide: A review of its fate in the environmental and occurrence in the Arctic. *Science of Total Environment*, v. 408, p. 2966-2984, 2010.
 - **XIONG, J.; HU, B.** Comparison of hollow fiber liquid phase microextraction and dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of organosulfur pesticides in environmental and beverage samples by gás chromatography with flame photometric detection. *Journal of Chromatography A*, v. 1193, p. 7–18, 2008.

Recebido em 20 de abril de 2016.

Aceito em 03 de junho de 2016.