

AGROTÓXICOS: DANOS À SAÚDE HUMANA E AMBIENTAL. EXISTEM OUTROS CAMINHOS?

Abílio Curvelo de Mendonça¹

Eduardo Costa Burle²

Renan Tavares Figueiredo³

Ciências Biológicas



ISSN IMPRESSO 1980-1769

ISSN ELETRÔNICO 2316-3151

RESUMO

Os agrotóxicos, em geral, apesar de representarem um problema ambiental grave, ainda são utilizados diariamente sem um estudo científico dos seus efeitos danosos na natureza. A produção de agrotóxicos cresceu desde os anos 1940 sem um aumento correspondente da produtividade agrícola, acompanhado de maiores danos à natureza, aos agricultores e aos consumidores. Hoje, alternativas naturais benéficas existem e são mais rentáveis do que a agricultura convencional. Essa revisão propôs apresentar os danos provocados pelos agrotóxicos; assim como alternativas que podem ser colocadas em prática. Os resultados obtidos durante esse estudo demonstraram que não existe sobre os possíveis benefícios da utilização desses defensivos agrícolas entre a comunidade científica e que existe uma escassez de estudos a respeito dos danos a longo prazo provocados pelo uso dessas substâncias. Mais ainda, alternativas como a produção de biofertilizantes, rotação de cultura e o uso de plantas repelentes, entre outros podem ser alternativas eficazes para substituir os agrotóxicos, entretanto é necessária a divulgação dessas técnicas para os agricultores. Conclui-se que os benefícios a curto e a longo prazo trazidos pelo uso dessas substâncias não transcendem os riscos e que a adoção de práticas agrícolas sustentáveis é inadiável ou em breve, poderemos sofrer consequências irremediáveis.

PALAVRAS-CHAVE

Agricultura. Alimento. Biorremediação. Defensivo Agrícola.

ABSTRACT

Although pesticides represent a serious environmental problem, they are still used daily without a scientific study of its possible harmful effects on nature. Agrochemical production has grown since the 1940s without a corresponding increase in agricultural production, accompanied by greater damage to nature, farmers and consumers. Nowadays, beneficial natural alternatives are considered more profitable than conventional farming. This review aimed to present the damages caused by agrochemicals; as well alternatives that can be put into practice. The results obtained during this study showed that there is no evidence of the potential benefits of using these pesticides and that there is a lack of studies about the long-term damage caused by the use of these substances. Moreover, alternatives such as the production of biofertilizers, crop rotation and the use of repellent plants may be effective alternatives to replace agrochemicals, however disseminate these techniques to farmers is still necessary. We conclude that the short and long-term benefits brought using these agrochemicals do not overcome the risks and that the sustainable agricultural practices must be adopted as soon as possible, otherwise irreparable consequences can be created.

Keywords

Agriculture. Food. Bioremediation. Pesticides.

1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos têm se mostrado como um grande problema ambiental nos últimos anos. As substâncias que estão atualmente disponíveis no mercado normalmente não possuem um estudo aprofundado dos seus efeitos imediatos e a longo prazo. No Brasil, o uso de agrotóxicos começou a crescer a partir dos anos 1960, acompanhando um modelo agrícola chamado de Revolução Verde (ROEL, 2001). A adoção desse pacote tecnológico passou a ser pré-requisito para financiamentos agrícolas, onde os agricultores eram obrigados a adquirir insumos e equipamentos, muitas vezes desnecessários (ROEL, 2002).

Essas exigências faziam parte de um programa do governo no período da ditadura militar 1960-1970 que oferecia crédito rural, em geral, a juros negativos, incentivos e favores fiscais e creditícios, que visavam a expansão de empreendimentos agrícolas, pecuários e extrativismo agroindustrial (SOBREIRA; ADISSI, 2003). Segundo Sobreira e Adissi (2003), premissas foram construídas com a finalidade de responsabilizar os danos ambientais à falta de informação dos agricultores e incentivar o uso de agrotóxicos.

A introdução dessas práticas pretendia aumentar a produção agrícola (SOARES; PORTO, 2007), entretanto, à despeito do consumo excessivo de agrotóxicos, fertilizantes minerais e máquinas agrícolas (421%, 1243% e 389%, respectivamente) entre os

anos de 1964 a 1979 o aumento da produtividade agrícola (média de 15 culturas) foi de apenas 4,9% nesse mesmo período de tempo (ROEL, 2006). Já entre 1976 e 1985 o consumo de pesticidas cresceu em 500%, enquanto registrou-se apenas um aumento de 5% da produtividade (PONTE, 2006).

Paradoxalmente, esse exagerado investimento em agrotóxicos não correspondeu no Brasil a uma redução significativa das perdas agrícolas devidas a pragas e doenças. Conforme Ponte (2006), em muitos casos, os resultados foram contrários em função da intensidade dos desequilíbrios biológicos causados pelo coquetel de pesticidas utilizados, no qual culminou no extermínio dos inimigos naturais de pragas e fitomoléstias.

Como um efeito social provocado pelo uso de agrotóxicos, estima-se que a renda do agricultor foi reduzida a apenas 11%, ficando o restante para a indústria e o comércio (ROEL, 2001). Outro efeito foi o crescimento acelerado e desordenado desse setor. Carências estruturais e institucionais foram ignoradas, assim como o despreparo da mão de obra para processos tecnológicos de difícil execução, tornando-os vulneráveis, além da fragilidade das instituições voltadas à proteção ambiental e humana (SOARES; PORTO, 2007). A preocupação ambiental só começou na década de 1990, quando o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1998, registrou consumo de agrotóxicos de 307 mil toneladas. Em 2005, segundo dados do SINDAG (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola), o Brasil consumiu mais de 365 mil toneladas (JARDIM *et al.*, 2009).

Assim, diante dessa situação preocupante, o objetivo da presente revisão bibliográfica é apresentar os danos provocados pelos agrotóxicos, assim como apresentar alternativas ecologicamente corretas e viáveis do ponto de vista econômico que possam evitar ou solucionar os danos causados por esses defensivos agrícolas.

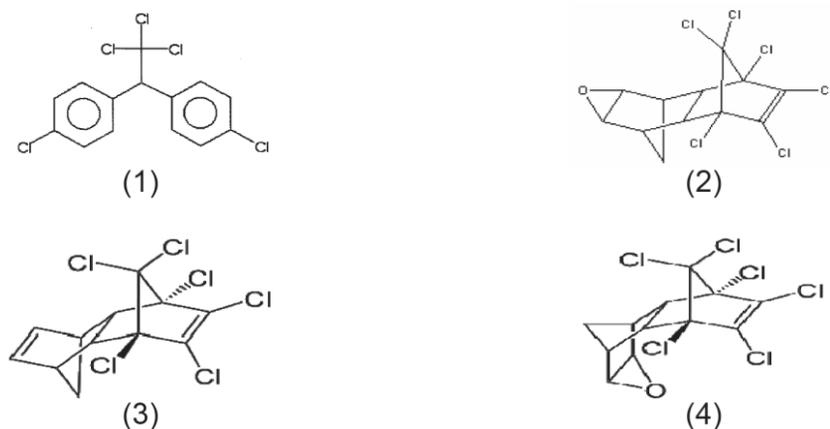
2 OS AGROTÓXICOS

Os organoclorados, primeiros a serem produzidos em larga escala, são compostos estáveis no ambiente, baixa solubilidade em água (caso não possuam oxigênio e nitrogênio na molécula) e alta solubilidade em hidrocarbonetos, como tecidos gordurosos de organismos vivos, conferindo-lhes alta toxicidade para insetos e seres humanos (JARDIM *et al.*, 2009). Tais compostos na época em que foram lançados, não possuíam decompositores naturais em abundância, portanto, não participavam dos ciclos biogeoquímicos (BALLAMINUT, 2007).

Após o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) (FIGURA 1.1), apareceram outros hidrocarbonetos clorados mais nocivos e perigosos. Os naftalenos clorados tais como a: dieldrina (FIGURA 1.2), cerca de cinco vezes mais tóxica que o DDT; a aldri-na (FIGURA 1.3) que converte-se em dieldrina nos tecidos vivos; por fim, a endrina (FIGURA 1.4) cerca de quinze vezes mais tóxica que o DDT em mamíferos, trinta vezes mais tóxica em peixes e cerca de trezentas vezes mais nociva para alguns tipos de pássaros (CARSON, 2010).

Figura 1 – Estrutura química dos organoclorados.

1. DDT. 2. Dieldrina. 3. Aldrina. 4. Endrina



Fonte: CARSON, 2010

A segunda geração de agrotóxicos, os organofosforados e carbamatos, são menos persistentes no meio ambiente, porém mais tóxicos aos vertebrados. Mesmo sendo menos duradouros no ambiente, os carbamatos foram encontrados resíduos de organofosforados em cascas de laranja seis meses após o tratamento com as doses padrão (CARSON, 2010). Em seguida vieram, os piretróides, apesar de menos tóxicos do ponto de vista agudo, são irritantes para os olhos e mucosas, causando tanto alergias de pele como crises de asma brônquica (LOPES, 2010).

Com a continuação dos danos causados aos humanos, as pesquisas foram direcionadas para os vegetais na intenção de não atingirem os seres humanos. Entretanto, os compostos 2,4 D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético) e 2,4,5 T (Ácido 2,4,5 – triclorofenoxiacético), os chamados “agentes laranjas” usados na guerra do Vietnã, seriam promotores da carcinogênese em seres humanos (2010). Além dessas classes ainda existem ainda uma infinidade de compostos (TABELA 1) como os neonicotinoides e spinosinas (agonistas da acetilcolina); oxadiazinas (bloqueadores dos canais de sódio); avermectinas e milbemicinas (agonistas do GABA-Ácido gama-aminobutírico); fenilpirazóis (antagonistas do GABA), entre outros.

Tabela 1 – Classificação dos agrotóxicos

Inseticidas	Composição
Organoclorados	DDT, benzeno, hexaclorobenzeno, clordano, heptacloro, toxafeno, metoxicloro, aldrin, dieldrin, endrim e endossulfan.
Organofosforados	parationa, diazinom, triclorfom, forato, carbofenotiona e clorfenvinfós.
Piretroides	permetrina, esfenvalerate.

Inseticidas	Composição
Carbamatos	metomyl, benfuracarb, carbosulfan.
Juvenóides	metoprene, fenoxicarb, piriproxifen.
Formamidines	Clordimeforme
Benzoilfeniluréias	Diflubenzuron, teflubenzuron, triflumuron, lufenuron, novaluron.
Triazinas	Ciromazina
Thiodiazinas	Buprofesin
Neonicotinoides	Imidacloprid, acetamiprid, thiacloprid, thiamethoxam.
Spinosinas	Spinosad
Fungicidas	
Ditiocarbamatos	Maneb, zineb, mancozeb
Nitrogenados heterocíclicos	Captan, captafol
Nitrilas	Clorotalonil
Guanidina	Dodine
Benzimidazóis	Benomil, tiofanato metílico
Oxatinas	Carboxin, oxicarboxim
Organofosforados	Kitazim, ediphenphos
Bipiridilos	Paraquat (Gramoxone)
Glifosato	Round-up
Nematicida	Diclopropene, metil isocianato, cloropicrim, brometo de metila, alcicarbe, dazomete e sódio metam.
Moluscicida	Metaldeido, metiocarbe, N-tritil morfolina, sulfato de cobre, niclosamina e pentaclorfenato de sódio.

Fonte: Marçom (2015); Silva (2004); Julliati (2005); Ferreira e outros autores (2005); Brasil (2005).

3 DANOS PROVOCADOS PELA AGRICULTURA TRADICIONAL

3.1 À NATUREZA

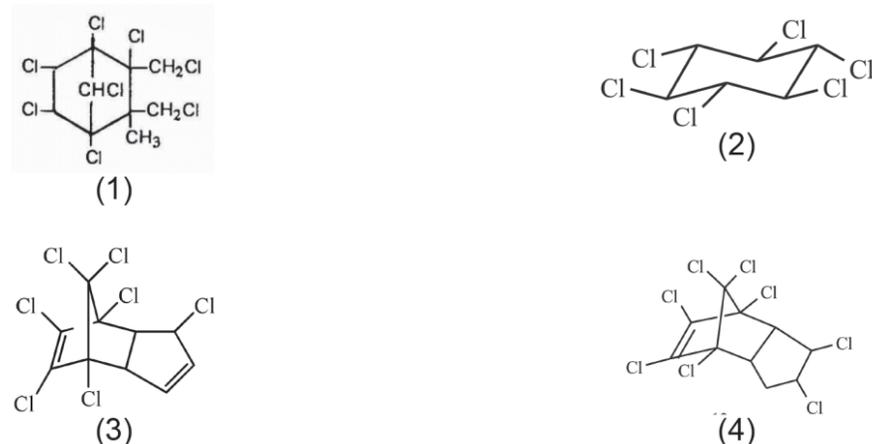
Alguns compostos como, os neonicotinoides, substâncias derivadas da nicotina e considerado um dos inseticidas mais modernos, podem ser a causa do desaparecimento das abelhas em todo mundo. Entre 2008 e 2010, pesquisas apontaram a perda de 10 mil colmeias de *Apis melífera*, mortas por inseticidas na região de Rio Claro (SP), apresentando vestígios de neonicotinoides em 10% delas (FRANÇA, 2012). Segundo esse mesmo autor, as abelhas são responsáveis por pelo menos 70% da polinização das culturas que servem à alimentação humana e o seu desaparecimento levaria a perdas de mais de 200 bilhões de dólares por ano. Essa preocupação obrigou, em 2004, à proibição de parte dessas substâncias na França, na Alemanha e na Itália.

A persistência na natureza dos agrotóxicos, especialmente os organoclorados é o maior distúrbio que eles representam. Denomina-se persistência de um praguicida o tempo necessário para que 75 a 100% do composto não seja mais encontrado no local da aplicação. Sendo não persistentes, entre 1 a 18 meses, e persistentes, de 2 a 5 anos (LATORRACA *et al.*, 2008). Devemos ressaltar que alguns desses defensivos agrícolas podem extrapolar esse período.

O toxafeno (FIGURA 2.1), por exemplo, resiste dez anos com concentração suficiente para matar cupins. Já o hexacloro (FIGURA 2.2) dura em torno de onze anos e o heptacloro (FIGURA 2.3), um derivado mais tóxico, pelo menos nove anos. Enquanto aproximadamente 15% de clordano (FIGURA 2.4) ainda pode ser encontrado após doze anos de sua aplicação (CARSON, 2010). Em estudo realizado, Silva e Fay (2004) arguiu que o DDT, proibido em 1972, ainda está presente em rios, solos e aves silvestres.

Figura 2 – Estrutura química dos organoclorados.

1. Toxafeno. 2. Hexacloro. 3. Heptacloro. 4. Clordano



Fonte: CARSON, 2010

Em rios e lagos, os organoclorados ligam-se com mais frequência ao material orgânico particulado em suspensão e nos sedimentos mais profundos, enquanto menos encontrados dissolvidos em água, podem sofrer dessorção e serem posteriormente degradados. Essa característica faz com que as concentrações desses compostos se apresentem milhares de vezes maiores nos peixes do que dissolvido na água. No lago Clear, na Califórnia, mesmo dois anos após a aplicação desses produtos, o plâncton ainda apresentava 5,3 partes por milhão desse composto, enquanto a água não apresenta resíduo qualquer. A complexação é outro fenômeno que ocorre, impedindo ou diminuindo a biodisponibilidade, evitando os efeitos tóxicos (JARDIM *et al.*, 2009; CARSON, 2010; SILVA; FAY, 2004; STOPPELLI, 2005; LATORRACA *et al.*, 2008).

3.2 AO SER HUMANO

Para que os pesticidas produzam impactos sobre a saúde humana, as vias mais comuns de exposição são pela via dérmica (verso das mãos, pulsos, pés, axilas etc.); pela via respiratória (boca, nariz), pela via digestiva (trato gastrointestinal) e pela via ocular (BOCCHI, 2008; ANDEF, 2003). As intoxicações são de curto e longo prazo, compreendendo sintomas como dificuldade respiratória, depressão, câncer, problemas de pele e de memória, cirrose hepática, abortos, deformações fetais, impotência sexual, fibrose pulmonar, braquicardia, distúrbios do sistema nervoso, hepatite, acnes, pancreatite, diabetes, úlcera, alergia e distúrbios audiovisuais, que se somam a outras intoxicações consideradas leves (JARDIM *et al.*, 2009; PONTE, 2006).

Esses são problemas mais imediatos e visíveis, entretanto, existe um outro ponto importante que é a exposição a concentrações muito baixas e frequentes pelos consumidores desses produtos e o seu possível acúmulo no corpo, o que corresponderia a uma toxicidade crônica. Não há estudos relacionando os danos a longo prazo, especialmente em crianças e bebês (JARDIM *et al.*, 2009; SANTAMARTA, 2001).

Em Fortaleza, 51% das pessoas atacadas de cirrose hepática são abstêmias e, em sua maioria, consumidoras de dieta a base de frutas e hortaliças, justamente as culturas mais "protegidas" por pesticidas (ROEL, 2001). Em Bahia Blanca/Argentina, o consumo de agrotóxicos é exacerbado, apresentando numerosos casos de envenenamento, inclusive em berçários, vitimando crianças que se alimentavam do leite materno contaminado por resíduos de pesticidas (SANTAMARTA, 2001).

4 MANEJO DE TERRA E DO CULTIVO SEM USO DE AGROTÓXICOS

O uso de agrotóxicos pode favorecer o desenvolvimento de pragas, além de afetar negativamente a fertilidade do solo e a nutrição da planta. Chaboussou (2006), apresenta inúmeros trabalhos realizados nas décadas de 1950, 1960 e 1970 que demonstravam os efeitos danosos causados por alguns agrotóxicos nas plantações que eles pretendiam proteger. Foi confirmado que as fertilizações nitrogenadas excessivas e os

tratamentos fúngicos aceleravam a maturação dos frutos, mas reduziam a resistência deles ao ataque dos parasitas do armazenamento, tais como o *Goesporium* e *Nectria*.

O mesmo documento revela que certos fungicidas, como o *Dinocap* e o *Binapacryl*, promovem uma redução imediata dos ácaros, mas em seguida estimulam a sua proliferação por um pós efeito trófico indireto. Os fungicidas sistêmicos inibem alguns organismos sapótrofos, tanto os do solo como as que ficam sobre a videira e a macieira, mostrando-se também nocivos às minhocas e ainda acarretando o desenvolvimento de fungos parasitas até então sem importância (CHABOUSSOU, 2006).

5 ALTERNATIVAS PARA O USO DE AGROTÓXICOS

Antes da explosão dos agrotóxicos, o sistema agrícola era diversificado, havendo integração entre agricultura e pecuária. As sementes e os insumos necessários eram produzidos na própria fazenda (ROEL, 2002). Os rendimentos agrícolas eram modestos, porém estáveis, pois dependiam apenas de recursos internos, da reciclagem de matéria orgânica, dos mecanismos de controle biológico e do padrão de chuva. O plantio de mais de uma cultura ou variedade no espaço em tempos diferentes garantia a segurança contra a explosão de pragas ou a severidade climática.

Agricultura e ecologia tinham uma relação estreita e a degradação ambiental raramente era observada. Essa prática antiga assemelha-se a atual agricultura orgânica que mobiliza harmoniosamente todos os recursos disponíveis na unidade de produção, com base na reciclagem de nutrientes e maximização do uso de insumos orgânicos gerados *in loco*, buscando-se também reduzir o impacto ambiental e a poluição (ALTIERE, 2012).

A agricultura orgânica pode sim alimentar a humanidade, Paschoal (2012) apresenta um estudo de 115 anos realizado pela tradicional Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, onde demonstrou que o trigo orgânico produziu 2.668kg/ha, contra 2.189kg/ha do convencional. Em outro estudo de 22 anos, conduzido pela Universidade de Cornell, provou-se que as produções orgânicas de milho e de soja eram equivalentes as convencionais. Ainda um outro estudo da Universidade de Michigan, analisando 293 ensaios feitos em países desenvolvidos e em desenvolvimento, mostrou que a agricultura orgânica pode produzir alimentos para suprir a demanda da população mundial atual e maior ainda, sem ter de ampliar a área plantada (PASCHOAL, 2012), representando uma alternativa sustentável e viável (SANTAMARTA, 2001). Algumas medidas simples podem tomadas, levando a benefícios incalculáveis a curto e a longo prazo, tais como:

5.1 ADAPTAÇÃO DAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS ÀS CONDIÇÕES DE SOLO

No Brasil, o microtrator deve ser utilizado para pequenas propriedades. A mecanização pesada deve ser evitada e utilizada apenas quando necessário. O uso de

técnicas e máquinas leves que impeçam que o solo seja compactado e consequentemente evite a sufocação de microrganismos são os mais viáveis para o país (ROEL, 2002; CARRARO, 1997).

5.2 COBERTURA PERMANENTE DO SOLO

O solo deve estar sempre bem protegido na forma da vegetação espontânea ou leguminosas fixadoras de nitrogênio. Essa prática controla a erosão, proporciona proteção ao solo, recicla nutrientes, evita perdas causadas principalmente por lixiviação, assim como melhora as propriedades físicas do solo (ROEL, 2002; FARIA, 2007). Também podem possuir efeito alelopático no controle de ervas daninhas como o feijão-de-porco ou proteger lavouras novas de café contra a geadá (FORMENTINI, 2008).

5.3 PRESERVAÇÃO DE ÁREAS SILVESTRES

As plantas silvestres nem sempre são invasoras. Podem funcionar como sinalizadoras, como o caso do capim Guaxuma, do Alecrim e do Capim-barba-de-bode, no qual indicam que o solo está fraco e compactado. Também podem evitar um ataque mais direto das pragas sobre as culturas, restituir a matéria orgânica do solo, impedir a erosão, manter a umidade e serem ainda refúgios destinados a organismos benéficos (ROEL, 2002; CARRARO, 1997).

5.4 USO DE PLANTAS INSETICIDAS, REPELENTES, ATRATIVAS E COMPANHEIRAS

Algumas plantas (TABELA 2) têm características atrativas ou repelentes para certos insetos, permitindo um controle biológico natural (CARRARO, 1997). Os inseticidas naturais são obtidos de recursos renováveis e são rapidamente degradados, não persistindo no ambiente e nos alimentos; são de fácil acesso e obtenção para agricultores, além de apresentarem baixo custo de produção. Apresentam ainda composição química complexa dificulta o desenvolvimento da resistência dos insetos⁶.

Tabela 2 – Plantas utilizadas na proteção dos cultivos

Plantas	Função/utilidade
Ricinus communis (mamona)	Combate as formigas cortadeiras e repele os mosquitos.
Cynnamomum zeylanicum (canela)	Repele Zabrotes subfasciatus, praga de grãos armazenados.
Eucaliptus citriodora e outras espécies do gênero	Controla pragas de grãos armazenados e formigas cortadeiras do gênero Atta.

Plantas	Função/utilidade
Quasia amara (quina)	Repele moscas, controla os pulgões e pequenos insetos fitófagos e polípagos.
Cordia verbenácea (maria-preta)	Plantadas alternadamente, funciona como armadilhas para brocas do caule em citricultura.
Mentha piperita (Hortelã)	Repele ratos e formigas, além de outros insetos, quando plantada na borda dos canteiros e em volta dos galpões ou sítios.
Delphinium sp. (Esporilhas)	É excelente para o controle de gafanhotos.
Coriandrum sativum (Coentro)	Controla ácaros e pulgões. Quando associada com o pimentão impede o ataque de pragas nele.
Ruta graveolens (Arruda)	Combate pulgões em Citru spp.
Ocimum basilicum (Mangericão, Basilicão ou Alfavaca)	Associado ao tomate, repele moscas e mosquitos.

Fonte: Roel (2001); Ponte (2006); Carraro (1997).

5.5 BIOFERTILIZANTES

São produzidos a partir de materiais orgânicos como leite, plantas, esterco, melão e outros, sendo acrescidos ou não de minerais. Ocorre um processo fermentativo que favorece alterações nos produtos utilizados e síntese de vitaminas e hormônios, disponibilizando elementos nutricionais às plantas. São aplicados nas folhas e sobre o solo. Atua ainda como defensivo natural, inibindo a proliferação de microrganismos nocivos (FARIA, 2007).

6 PROPRIEDADES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM RELAÇÃO AO SOLO

A fertilidade de um solo está relacionada com o teor de cálcio trocável, enquanto esta substância está relacionada com o teor do solo em matéria orgânica. A matéria orgânica modifica não somente a mobilidade do cálcio, mas também, do nitrogênio e do hidrogênio. "O cálcio é um agente para encorajar a completa combustão da matéria orgânica" (CHABOUSSOU, 2006).

Para que haja uma produção considerável, a adubação orgânica se faz necessária. Ela melhora a retenção de água, diversifica a microflora do solo e proporciona quantidades significantes de N, S, P, Mg e K. A matéria orgânica contém também os oligoelementos, que são especialmente importantes na proteossíntese. Explica-

-se dessa forma as razões pelas quais a adubação orgânica estimula a resistência dos vegetais às condições adversas. Além do aporte de substâncias nutritivas, a adubação orgânica fornece à planta substâncias de crescimento, permitindo a assimilação das primeiras (CHABOUSSOU, 2006).

7 BIORREMEDIAÇÃO DO SOLO E DE MANANCIAIS DE ÁGUA

Biorremediação é o uso de organismos vivos em tratamento de ambiente contaminado (BALLAMINUT, 2007), como uma opção para promover a limpeza ou a remoção de elementos contaminantes (SOARES *et al.*, 2011), dos solos, aquíferos, lodos e resíduos sólidos (REICHE, 2005). Dessa maneira, grandes volumes de solo, água ou sedimentos podem ser tratados pela estimulação dos microrganismos autóctones ou pela introdução de microrganismos com capacidade de degradar o poluente (SILVA, 2009). No método tradicional de tratamento de contaminantes, "bombear e tratar", ocorre a lavagem dos contaminantes do solo com água e em seguida o tratamento da água, às vezes por décadas, sem remover os contaminantes hidrofóbicos, devolvendo-a para a terra (LITCHFIELD, 2005). A biorremediação, por outro lado é segura do ponto de vista ambiental, pois há a transformação do contaminante até a sua mineralização (FIGURA 3) transformando-o em CO₂, H₂O e sais orgânicos (GIMENES, 2010).

A biorremediação por microrganismos é realizada tanto por bactérias quanto por fungos. Entretanto, os fungos apresentam vantagens sobre as bactérias. As bactérias têm algumas limitações em função do estresse ambiental e o sistema enzimático somente é produzido na presença do poluente, revelando-se pouco eficiente na degradação de compostos insolúveis em água ou ligados ao solo (BALLAMINUT, 2007).

Os fungos Basidiomicetos apresentam a capacidade de degradar substratos lignocelulósicos, e como a estrutura molecular dessas substâncias são semelhantes à das moléculas de alguns compostos orgânicos sintéticos, tais como pentaclorofenol (PCF), pireno e alguns pesticidas, esses fungos são utilizados para degradar agrotóxicos, resíduos industriais e metais pesados (TERÇARIOLI, 2010). Outras características importantes dos basidiomicetos são o sistema enzimático extracelular, inespecífico que atuam sobre ampla variedade de poluentes orgânicos (BALLAMINUT, 2007).

7.1 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação é a utilização de plantas específicas para diminuir e eliminar toda a contaminação de uma área. Essas plantas precisam ter uma boa capacidade de absorção, sistema radicular profundo, acelerada taxa de crescimento, fácil colheita e ainda serem resistentes ao poluente (COUTINHO; BARBOSA, 2007). As plantas funcionam como concentradores ou metabolizadores (ou ambos) de vários compostos, sendo consideradas úteis para a concentração de metais pesados, facilitando o recolhimento e eliminação destes (LITCHFIELD, 2005; PALLU, 2006). A fitorremediação tem se mostrado uma técnica economicamente viável, com alta eficiência e sem agressões ao ambiente.

Existe ainda uma modalidade que emprega plantas e fungos específicos em associação, sendo as ectomicorrizas as mais eficientes. As ectomicorrizas caracterizam-se por crescerem ao redor da raiz, absorvendo e adsorvendo os poluentes, evitando assim que a planta seja contaminada (BERTOLAZI *et al.*, 2010).

8 CONCLUSÕES

Dentro do contexto e perspectivas apresentadas ao longo da presente revisão, conclui-se que o uso de agrotóxicos não é necessário e que os benefícios a curto e a longo prazo trazidos pelo seu uso não transcendem os riscos. Todas as alternativas apresentadas neste trabalho mostram-se viáveis e capazes de gerar resultados superiores a esses defensivos agrícolas, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas, aumentando a produção agrícola.

Entretanto, ressalta-se a necessidade de mais estudos e maior divulgação dos mesmos, de maneira que possam chegar principalmente à parte da população faz uso de defensivos agrícolas e insumos químicos. Também são necessários estudos a longo sobre os componentes que são despejados no meio ambiente. Estes também devem passar por processos de segurança mais rigorosos. Finalmente, é importante que haja pressão popular para que as autoridades criem leis cada vez mais restritivas que regulem a utilização desse tipo de produto.

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis é inadiável ou em breve, poderemos sofrer consequências e danos irremediáveis. As alternativas naturais sempre estiveram à mão dos produtores rurais, que hoje, pouco se utilizam delas. Essas práticas familiares anciãs devem ser resgatadas para o bem-estar da natureza e do homem. Hoje, o poder econômico domina a maior parte da população mundial e ainda não nos demos conta de que apenas nós podemos mudar esse cenário.

REFERÊNCIAS

- ANDEF. **Manual de uso correto de equipamentos de proteção individual**. Campinas: Linea Creativa, 2003. 29p. Disponível em: http://www.casul.com.br/arquivo/imagem/d3d9446802a44259755d38e6d163e820Manual_EPI.pdf. Acesso em: 27 dec. 2016.
- BALLAMINUT, N. **Caracterização fisiológica do inóculo de *Lentinus crinitus* (L.) Fr. CCB274 empregado em biorremediação de solo**. Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007. 163p.
- BRASIL. **Vigilância do câncer ocupacional e ambiental**. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Rio de Janeiro: INCA, 2005, 68p. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/inca/Arquivos/publicacoes/vigilanciadocancerocupacional.pdf>. Acesso em: 27 dec. 2016.
- BERTOLAZI, A. A.; CANTON, G. C.; AZEVEDO, I. G.; CRUZ, Z. M. A.; SOARES, D. N. E. S.; CONCEIÇÃO, J. M.; SANTOS, W. O.; RAMOS, A. C. O papel das ectomicorrizas na biorremediação dos metais pesados no solo. **Natureza on line**, Santa Tereza, ES, v. 8, n. 1, p. 24-31, 2010.
- BOCCHI, L. M. A. **Avaliação do uso de pesticidas na cultura de laranja no município de Itápolis-SP**. Centro Universitário de Araraquara, 2008, 124p.
- CARRARO, G. **Agrotóxico e meio ambiente: uma proposta de ensino de ciências e de Química**. Porto Alegre: Série UFRGS, 1997, 95 p. Disponível em: http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/agrotoxicos_ufrgs.pdf. Acesso em: 22 oct. 2016.
- CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo, SP: Editora Gaia, 2010, 328p.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre, RS: L&PM, 1987. 256p.
- CHABOSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**. São Paulo, SP: Editora Expressão Popular, 2006, 320p.
- COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. **Silva Lusitana**, Lisboa, PT, v. 15, n. 1, p. 103-117, 2007.
- FRANÇA, M. S. J. O sumiço das abelhas. **Unesp Ciência**, São Paulo, SP, v. 34, n. 1, p. 24-29, 2012.
- FARIA, A. N. **Agricultura Orgânica-Dossiê Técnico**. Brasília: CDT/UnB, 2007, p. 23. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mzc=>. Acesso em: 24 nov. 2016.
- FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. V Congresso Brasileiro de Algodão, 5, 2005, Salvador. **Anais...** Viçosa: CBA, 2005, p. 1-4.
- FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, ES: Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca, 2008.
- GIMENES, L. J. **Fungos basidiomicetos: Técnicas de coleta, isolamento e subsídios para processos Biotecnológicos**. São Paulo: Instituto de Botânica – IBt, 2010, p. 19.
- JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs. **Química Nova** [on-line], v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009.

LATORRACA, A.; MARQUES, G. J. G.; SOUSA, K. M.; FORNÉS, N. S. Agrotóxicos utilizados na produção do tomate em Goiânia e Goianópolis e efeitos na saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, PB, v. 19, n. 4, p. 365-374, 2008.

LITCHFIELD, C. Thirty Years and Counting: Bioremediation in Its Prime? **BioScience**, Uberlândia, MG, v. 55, n. 3, p. 273-279, 2005.

LOPES, S. W. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente**: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, 2010, 163p.

MARÇON, P. G. **Modo de ação de inseticidas e acaricidas**. DuPont do Brasil S.A, 2015. Disponível em: <http://www.irac-br.org/modo-de-ao-de-inseticidas-e-acaricidas>. Acesso em: 12 oct. 2016.

PALLU, A. P. S. **Biossorção de cádmio por linhagens de Aspergillus sp**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006, 69p.

PASCHOAL, A. D. **Alimentos orgânicos-parte dois. por que são melhores os alimentos orgânicos?** Professor de Agroecologia e Agricultura Orgânica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP. (Palestra proferida na ADAE-ESALQ, em maio de 2012).

PONTE, J. J. **Cartilha da manipueira**: uso do composto como insumo agrícola. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2006, 67p.

REICHE, A. P.; LEMOS, J. L. S. Estudo do potencial de degradação de petróleo de linhagens de fungos isoladas de solo nordestino. XIII Jornada de Iniciação Científica, 13, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2005. p. 1-7.

ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, MS, v. 1, n. 2, p. 43-50, 2001.

ROEL, A. R. A agricultura orgânica ou ecológica e a sustentabilidade da agricultura. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, MS, v. 3, n. 4, p. 57-62, 2002.

SANTAMARTA, J. A ameaça dos disruptores endócrinos. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, RS, v. 2, n. 3, p. 18-29, 2001.

SILVA, K. H. **Avaliação do perfil de resistência a antimicrobianos e metais pesados em bactérias isoladas de processo de compostagem**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011, 109p.

SILVA, R. R. **Biorremediação de solos contaminados com organoclorados por fungos basidiomicetos em biorreatores**. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2009. 186 p.

SOARES, I. A.; FLORES, A. C.; MENDONÇA, M. M.; BARCELOS, R. P.; BARONI, S. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, SP, v. 78, n. 2, p.341-350, 2011.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva [on-line]**, v. 12, n. 1, p. 131-143, 2007.

SOBREIRA, A. E. G.; ADISSI, P. J. Agrotóxicos: falsas premissas e debates. **Ciência & Saúde Coletiva [on-line]**, v. 8, n. 4, p. 985-990, 2003.

TERÇARIOLI, G. R.; PALEARI, L. M.; BAGAGLI, E. **O incrível mundo dos fungos**. São Paulo, SP: Editora UNESP, 2010, 128p.

Data do recebimento: 6 de Maio de 2019

Data da avaliação: 20 de Junho 2019

Data de aceite: 30 de Junho de 2019

1 Bacharel em Farmácia; Pesquisador do Instituto de Tecnologia e Pesquisa.

E-mail: curvelofarmacia@hotmail.com

2 Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: burle.eduardo@gmail.com

3 Bacharel em Ciências Biológicas; Pesquisador do Instituto de Tecnologia e Pesquisa.

E-mail: renantf@infonet.com.br

