

## Os efeitos das moléculas de 2,4d, acefato e tebuconazol sobre o meio ambiente e organismos não alvos

The effects of 2,4D, ACEFATO and TEBUCONAZOL molecules on the environment and non-target organisms

**Adriano Udich Bester <sup>I</sup>, Mario Ormirio Bandeira de Mello <sup>I</sup>, Marlon Bandeira de Mello <sup>I</sup>,  
Nathália Leal de Carvalho <sup>II</sup>, Emerson André Pereira <sup>II</sup>, Osório Antonio Lucchese <sup>II</sup>**

### RESUMO

Os agrotóxicos são agentes formados por uma grande variedade de moléculas químicas (principalmente) ou biológicas, desenvolvidos para matar, eliminar, acabar ou repelir organismos indesejáveis. Geralmente, além de cumprirem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, eles têm ação sobre a saúde humano, além do afetarem o meio ambiente, fauna e flora. Principalmente, pelo uso incorreto e indiscriminado dos compostos químicos. O trabalho foi elaborado através de uma revisão de literatura. Com o objetivo de avaliar os efeitos dos três grupos químicos mais utilizados no Brasil, entre eles foram escolhidos um com efeito herbicida (ÁCIDO 2,4 DICLOROFENÓXIACÉTICO), um com efeito inseticida (ACEFATO) e outro com o efeito fungicida (TEBUCONAZOL).

**Palavras-chave:** Agrotóxicos; Efeito; Meio Ambiente; Químicos.

### ABSTRACT

Pesticides are agents formed by a wide variety of chemical (mainly) or biological molecules designed to kill, eliminate, kill or repel undesirable organisms. Generally, in addition to fulfilling the role of protecting agricultural crops from pests, diseases and weeds, they act on human health and affect the environment, fauna and flora. Mainly for the incorrect and indiscriminate use of chemical compounds. The work was elaborated through a literature review. In order to evaluate the effects of the three most used chemical groups in Brazil, among them were selected one with herbicidal effect (2,4 DICHLOROPHENEXETIC ACID), one with insecticide effect (ACEFATO) and the other with fungicidal effect (TEBUCONAZOL).

**Keywords:** Pesticides; Effect; Environment; Chemicals.

<sup>I</sup> Grupo de Estudos em Manejo Integrado de Pragas - MIP, acadêmicos do curso de Agronomia, Departamento de Estudos Agrários, DEAg. E-mail: [adriano.u.b@hotmail.com](mailto:adriano.u.b@hotmail.com), [mario.ormirio12@hotmail.com](mailto:mario.ormirio12@hotmail.com), [mabmello@gmail.com](mailto:mabmello@gmail.com). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7728-7914>, <http://orcid.org/0000-0002-1457-596X>, <http://orcid.org/0000-0003-1095-327>.

<sup>II</sup> Professores, Departamento de Estudos Agrários, DEAg. E-mail: [nathaliiinha@gmail.com](mailto:nathaliiinha@gmail.com), [emerson.pereira@unijui.edu.br](mailto:emerson.pereira@unijui.edu.br), [osorio@unijui.edu.br](mailto:osorio@unijui.edu.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8256-9406>, <http://orcid.org/0000-0002-5784-8462>, <http://orcid.org/0000-0003-2696-4863>.



## 1 INTRODUÇÃO

A evolução acelerada da agricultura ocasionada pela busca de altas produtividades, ocasionou profundas transformações no cenário agrícola mundial, todavia resultou em grandes impactos tanto no ambiente quanto no ser humano. A utilização de produtos químicos, a implantação do sistema plantio direto, a inserção da transgenia, o início da agricultura de precisão foram algumas das principais mudanças, que acarretaram em um enorme acréscimo na produção de cereais e oleaginosa.

Contudo a elevada produção promoveu uma maior utilização de agrotóxicos, devido ao aumento e surgimentos de organismos vivos considerados nocivos. Segundo o Censo Agropecuário de 2017 o uso de agrotóxico aumentou 21,2% em 11 anos no Brasil. Isso se deve principalmente utilização da monocultura, cultivo de uma única espécie, que promove um desequilíbrio ambiental, devido ao surgimento de resistências das doenças, pragas e plantas daninhas aos princípios ativos e ao empobrecimento nutricional do solo. Gerada pelo uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes (ZIMMERMANN, 2009).

Na última década, o Brasil expandiu em 190% o mercado de agrotóxicos, o que colocou o País em primeiro lugar no ranking mundial de consumo desde 2008, o que torna ainda mais complexo o problema já que o país ainda não é o maior produtor mundial de alimentos (LOPES et al, 2015).

Um terço dos alimentos consumidos cotidianamente pelos brasileiros está contaminado pelos agrotóxicos, segundo análise de amostras coletadas em todas as 26 Unidades Federadas do Brasil, 63% das amostras analisadas apresentaram contaminação por agrotóxicos, sendo que 28% apresentaram ingredientes ativos não autorizados (ABRASCO, 2012).

Em virtude do aumento no consumo e no uso irracional dos agroquímicos, na produção, armazenamento e beneficiamento dos produtos agrícolas ao longo dos anos tem provocado o acúmulo de resíduos de compostos químicos nocivos no meio ambiente. (CARVALHO et al, 2011). Onde tendem a acumular-se no solo, e seus resíduos podem

chegar às águas superficiais, por escoamento, e às subterrâneas, por lixiviação (PERES et al, 2003; D'AVILA, 2016).

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos agrotóxicos ao meio ambiente, foram escolhidos três grupos químicos, um com efeito herbicida (**ÁCIDO 2,4 DICLOROFENÓXIACÉTICO**), um com efeito inseticida (**ACEFATO**) e outro com o efeito fungicida (**TEBUCONAZOL**).

## 2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se um levantamento nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Web of Science e Scientific Electronic Library (SciELO), das produções científicas publicadas a partir de estudos realizados no Brasil nos últimos anos sobre o tema 'agrotóxicos', para o qual se utilizou uma metodologia descritivo-analítico-reflexiva sobre os conteúdos. Também foi utilizado a bula dos principais grupos químicos apresentados no decorrer do trabalho.

A pesquisa desenvolveu-se a partir das seguintes etapas: escolha do tema; levantamento bibliográfico preliminar; formulação do problema; delimitação do assunto; busca de fontes; leitura do material; organização do assunto e redação do texto

## 3 DESENVOLVIMENTO

A busca por altas produtividades e principalmente pela utilização da monocultura em grandes extensões de terra, fez aumentar e muito a utilização de agrotóxicos no Brasil. Devido ao aparecimento de resistência das doenças, pragas e plantas daninhas acarretadas pela má manipulação dos produtos utilizados para o controle, além do aumento significativo das populações que competem, que se alimentam, e se beneficiam das plantas cultivadas.

A cada safra o consumo de agrotóxicos tende a ser maior, na safra de 2011, no Brasil, foram plantados 71 milhões de hectares de lavoura temporária (soja, milho, cana, algodão) e permanente (café, cítricos, frutas, eucaliptos), o que corresponde a cerca de 853 milhões de litros (produtos formulados) de agrotóxicos pulverizados nessas lavouras, principalmente de herbicidas, fungicidas e inseticidas, a soja utilizou 40% do volume total. Em seguida está o milho, com 15%, a cana e o algodão com 10%, depois os cítricos com 7%, o café com 3%, o trigo (3%), o arroz (3%), o feijão (2%), a pastagem (1%), a batata (1%), o tomate (1%), a maçã (0,5%), a banana (0,2%) (ABRASCO, 2012). Contudo a adversidade se dá pelo mau uso, pela utilização indevida, pelo excesso e muitas vezes sem recomendação. Principalmente pois alguns destes produtos serem altamente prejudiciais ao meio ambiente, e grande parte ao ser humano.

### **3.1 Descrição das Moléculas**

#### 3.1.1 O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)

Foi um herbicida produzido durante o a segunda Guerra Mundial (1939-1945), no contexto da guerra química e biológica, foi utilizado também na guerra do Vietnã (1954-1975), um composto conhecido como agente laranja, que era utilizado como desfolhante das florestas vietnamitas.

É um membro da família dos herbicidas clorofenoxiacéticos, classificado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2019) como um herbicida hormonal do grupo fenoxiacético. Suas formulações a base de amina e éster são amplamente utilizadas no controle de plantas dicotiledôneas (JUNIOR, 2002).

Segundo a RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 284, DE 21 DE MAIO DE 2019 DA ANVISA E DO MINISTERIO DA SAÚDE, considera que, em virtude da ausência de evidências suficientes de efeitos graves à saúde na espécie humana ou em animais de experimentação, avaliadas segundo critérios técnicos e científicos atualizados, estabelece a manutenção do ingrediente ativo ácido 2,4- diclorofenoxiacético (2,4-D) em produtos

agrotóxicos, no País, bem como determina medidas de mitigação de riscos à saúde e alterações no registro decorrentes da sua reavaliação toxicológica.

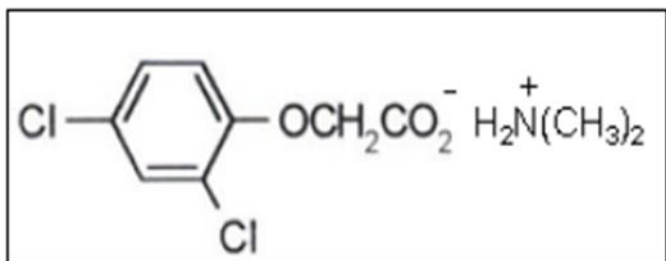
Atribui-se ao 2,4-D a classificação toxicológica máxima (Classe I) que, em animais, se refere à DL50 (dose letal que elimina 50% de uma população) por via oral entre 0-50 mg kg<sup>-1</sup>; por via dérmica entre 0-200 mg kg<sup>-1</sup>; CL50 (concentração letal que elimina 50% de uma população) por via respiratória entre 0-0,2 mg L<sup>-1</sup> e irritação para pele e olhos classificada como severa (NETO et al, 2012), sua fórmula química e demonstrada na figura 1.

O nome químico da molécula é (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid, é um composto altamente seletivo, sistêmico e pré ou pós-emergente, seu mecanismo de ação age como mimetizador de auxina, degradando-se vagarosamente. Uma aplicação do produto afeta o crescimento, o que causa desordem e divisão celular, resultando na destruição dos tecidos vasculares. Sua absorção é feita tanto pelas folhas quanto pelas raízes, transportado pelo xilema e floema para os meristemas, onde se acumula, produzindo a morte dos tecidos e provavelmente da planta.

O papel principal de auxinas naturais é o crescimento, mas isto não é o caso de auxinas sintéticas que desempenham a função oposta àquela de sua função biológica. Auxinas sintéticas, tais como o ácido 2,4-D persistem por longos períodos dentro da planta, e, por consequência, são mais eficazes e letais. O modo de ação de herbicidas auxínicos é dependente da dose, e o seu efeito também depende da sensibilidade dos tecidos e espécies (MARCATO et al)

Utilizado no controle de plantas daninhas de folha larga, indicado em pré e pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, cevada, milheto, milho, pastagem, soja, sorgo e trigo.

Figura 1 – Estrutura da molécula de 2,4-diclorofenoxiacético



Fonte: ANVISA, 2016.

Em condições ambientais, o 2,4-D e alguns dos seus derivados são sólidos cristalinos, solúveis em água, enquanto o 2,4-D-isopropil é um líquido incolor, insolúvel em água. A solubilidade deste herbicida em água apresenta grande variação como 45 g/L, 600 mg/L a 25°C, ou ainda de 311mg/L em pH 1 e 25°C. 2,4-D é considerado um ácido orgânico forte (pK. = 2,64), a sua solubilidade pode ser modificada em águas naturais por interações com outras moléculas, tornando-o mais solúvel. A 20°C, 2,4-D é solúvel em etanol (1250 g/Kg), éterdietílico (243 gJKg), tolueno (6,7 g/Kg), xileno (5,8gJKg) eheptano (1,1 g/Kg). O coeficiente de partição octanol/água é dado por Kow log P = 2,58-2,83 (pH 1). O herbicida forma sais solúveis com metais alcalinos e com amônio, precipita cálcio e magnésio, removendo a dureza da água (JUNIOR, 2002).

### 3.1.2 Acefato

É o ingrediente ativo (IA) de vários produtos inseticidas e acaricidas, pertencente ao grupo químico dos organofosforados (OPs), recomendada para diversas culturas anuais e perenes, como aplicação foliar nas culturas de algodão, citros, feijão, soja e tomate (LUNARDI et al, 2018), seu nome químico é O,S-dimetil acetilfosforamidotioato. Os organofosforados têm sido um dos inseticidas agrotóxicos mais utilizados desde meados do século XX, que persistem no meio ambiente. O primeiro organofosforado a ser sintetizado, em 1854, e atualmente existem mais de 50 mil formulações conhecidas de

agrotóxicos organofosforados – uma grande parte, em torno de 40 mil são utilizados como inseticidas.

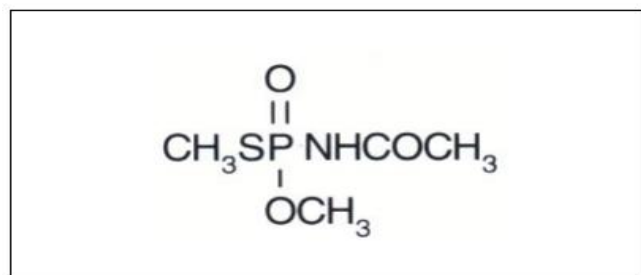
A qualidade inseticida dos organofosforados foi primeiramente observada na Alemanha durante a II Guerra Mundial em um estudo dos gases sarin, soman e tabun, extremamente tóxicos para o sistema nervoso (ANVISA apud ROSATI et al, 1995).

O principal alvo para a ação do acefato é a enzima AChE, que controla as ações centrais e periféricas do neurotransmissor acetilcolina (ACh), eles inibem irreversivelmente a AChE, que deixa de hidrolisar a ACh, levando a um acúmulo desta nas sinapses centrais e periféricas (CAVALCANTI et al, 2006).

Na avaliação toxicológica, em geral os efeitos agudos dos OP surgem poucas horas após a exposição. O quadro clínico dessas intoxicações pode variar quanto à gravidade, rapidez de instalação e/ou duração dos sintomas, na dependência da via de absorção e da magnitude da exposição. Os distúrbios neurocomportamentais são os mais frequentemente observados em indivíduos cronicamente intoxicados. A maioria desses sintomas muitas vezes deixa de ser relacionada com a exposição aos agrotóxicos, sendo confundidos com agravos à saúde por outras causas (ANVISA, 2008).

O acefato técnico é sólido (incolor / branco), tem ponto de fusão situado entre 81 e 91°C, e é altamente solúvel em água, acetona e etanol. No ambiente, o acefato degrada-se em metamidofós, composto organofosforado que também é usado como IA de produtos inseticidas / acaricidas (ANVISA, 2008). Apresenta classificação toxicológica, Classe III – Produto Moderadamente Tóxico – faixa azul, com Ingestão Diária Aceitável (IDA) = 0,0012 mg/Kg p.c., sua molécula química é demonstrada na figura 2.

Figura 2– Estrutura da molécula de acefato



Fonte: ANVISA, 2016.

### 3.1.3 Tebuconazol

O Tebuconazol (RS) -1-p-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3- (1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl) pentan-3-ol (Figura 3) é um fungicida da família dos triazóis, de ação rápida e proeminente atividade sistêmica, apresenta sua fórmula bruta  $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{ClN}_3\text{O}$ , a sua composição tebuconazol é de 20% m/v (200 g/L) e ingredientes inertes 80% m/v (800 g/L), o tipo de formulação é concentrado emulsionável, apresenta estado físico líquido de cor amarelo translúcido, com pH 6,12 e a 25°C densidade 1,0612 g/cm<sup>3</sup> a 20°C, com viscosidade 99mPa.s. (20 0C) e solubilidade miscível em água, acetona e etanol (CASTRO, 2017).

Sua ampla utilização em vários de países se dá por atuar no controle de um grande número de doenças fúngicas. (TRENTO, 2017). Seu mecanismo de ação é resultado da inibição do citocromo P450 (CYP450) dependente da enzima C14 $\alpha$ esterol-demetilase, a qual promove a dimetilação do lanosterol, um intermediário na biossíntese do ergosterol, interferindo assim, na síntese de esteróis, essenciais para a constituição normal das membranas celulares, o que dificulta o desenvolvimento da biomassa fúngica (CASTRO, 2016).

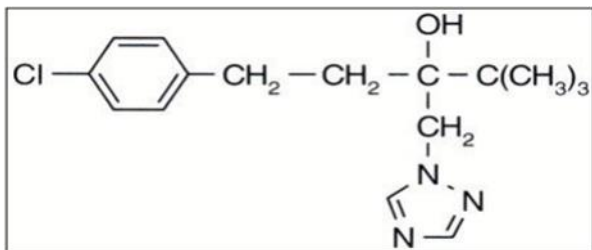
É recomendado em aplicação via foliar nas culturas de abacate, abóbora, abobrinha, álamo, alface, algodão, alho, ameixa, amendoim, antúrio, arroz, alstroeméria, aveia, azaleia, banana, batata, begônia, berinjela, beterraba, boca de leão, café, caju, caqui, cebola, cenoura, cevada, citros, coco, couve-flor, cravo, cravina, crisântemo, ervilha, eucalipto,



feijão, figo, gerânio, gérbera, girassol, goiaba, kalanchoe, lisianthus, maçã, mamão, manga, maracujá, melancia, melão, milho, morango, nectarina, pepino, pêssego, pimentão, rosa, soja, tomate, trigo, uva e violeta. Podendo ser aplicado em sementes de trigo, no sulco de plantio para a cultura de cana-de-açúcar e em pós-colheita (imersão de frutos) nas culturas de mamão, manga e melão. (ANVISA,2019).

O tebuconazol tem como classificação toxicológica, Classe IV, pouco tóxico, sua ingestão diária aceitável (IDA) foi determinada pelo FAO/WHO na quantidade de 0,02mg/kg. Contudo, de acordo com a ANVISA, a IDA para esse princípio ativo foi estipulada a 0,03 mg/kg. Apesar de ser considerado seguro para humanos dentro dessas condições de baixo consumo, tem-se uma preocupação quanto ao uso desse agrotóxico já que foi reportada a sua capacidade em causar malformações em células animais, tanto in vivo quanto in vitro. Visto que os trabalhadores rurais estão em contínua exposição a agrotóxicos por aplicação dos mesmos, ou simplesmente por estarem em contato direto com as plantas na coleta de frutos. (TRENTO, 2017).

Figura 3– Fórmula estrutural do Tebuconazol



Fonte: ANVISA, 2016.

### 3.2 Aspectos Ambientais

A classificação de periculosidade ambiental indica a potencialidade de determinado agrotóxico causar impacto ao meio ambiente, e é baseada nos parâmetros de persistência, bioacumulação, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial carcinogênico, potencial mutagênico e potencial teratogênico, obedecendo a seguinte graduação de

Classes: I –Altamente Perigoso; II- Muito Perigoso; III- Perigoso; IV – Pouco Perigoso. Sobre tais parâmetros, o grau de periculosidade ambiental é relacionado aos aspectos do agrotóxico que remetem em contaminação e prejuízos aos compartimentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (ALVARENGA et al, 2013).

Quanto ao potencial de periculosidade ambiental (PPA) do ácido 2,4-diclorofenoxiacético, parâmetro que leva em consideração bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade e os potenciais mutagênico, teratogênico e carcinogênico, o 2,4-D é considerado perigoso 3 (Classe III), numa classificação que vai de I (máximo PPA) a IV (mínimo PPA). Apresenta tempo de meia-vida de 4,6 a 17,2 dias no solo e de 4,5 a 7 dias na água, 8 solubilidade em água de 23,18 g L<sup>-1</sup> e pKa = 2,6,7,10. É avaliado como altamente transportável e muito tóxico para organismos aquáticos. É pouco tóxico para organismos do solo, aves e abelhas (NETO et al, 2012).

No meio ambiente o acefato é degradado no período de 1 a 12 semanas, no entanto, existe a possibilidade de permanecerem na água, resíduos e subprodutos em níveis relativamente nocivos para o consumo humano. Este produto se encontra classificado como classe II, ou seja, muito perigoso ao meio ambiente. Vários estudos demonstraram que, devido aos naturais de movimento das águas, resíduos de OF são transportados para compartimentos de acumulação no ambiente, contaminando recursos hídricos superficiais e subterrâneos utilizados no abastecimento de água potável dos municípios, principalmente por ser altamente móvel, apresentando alto potencial de deslocamento no solo, podendo atingir principalmente águas subterrâneas.

De acordo com seu potencial de periculosidade ambiental, o tebuconazol enquadra-se na classe II, sendo considerado perigoso ao meio ambiente e altamente tóxico para organismos aquáticos, visto que, nos últimos anos, a concentração de tebuconazol tem aumentado em águas correntes e detectadas concentrações de 175-200 µg/L em águas superficiais (CASTRO, 2016).

### 3.3 Toxicidade para Organismos Não-alvo

Um dos efeitos ambientais indesejáveis dos agrotóxicos é a contaminação de espécies que não interferem no processo de produção que se tenta controlar (espécies não-alvos). Existem inúmeros relatos na literatura de criações e animais domésticos e de populações humanas afetados pela ingestão de plantas e alimentos contaminados por agrotóxicos, além do impacto em comunidades e ecossistemas próximos às áreas de plantações e pastos, onde estes produtos são utilizados. Dessa maneira, além do impacto sobre uma população específica de animais ou plantas, a dispersão de agrotóxicos no ambiente pode causar um desequilíbrio ecológico na interação natural de duas ou mais espécies (VALE et al, 2017).

Os efeitos de diferentes níveis de concentração do 2,4-D administrados em doses únicas ou continuados sobre alguns sistemas orgânicos animais, principalmente de cães e ratos, têm sido analisados. Em experimentos com ratos não houve mortalidade significativa de animais que receberam administração aguda (15 dias) e crônica (42 dias), tanto na dosagem de 2,5 quanto na de 5,0 mg/kg/dia, sendo considerado moderadamente tóxico para aves e não tóxicos para peixes (DIAMANTE et al, 2014). Apresenta como principal problema a possibilidade de contaminação de organismos não alvo, podendo causar intoxicação em espécies dicotiledôneas sensíveis tais como a soja, feijão, algodão dentre outras dicotiledôneas, quando cultivadas em sucessão (FRANCESCHI et al, 2015).

Os organofosforados, grupo de agrotóxicos inseticidas, causam numerosos efeitos à saúde humana. Para citar apenas alguns, mostrou-se neurotóxico e desregulou o eixo hormonal da tireoide em camundongos quando a exposição ocorre na vida intrauterina. Além disso, também interferiu com o sistema reprodutivo masculino de ratos tratados por via oral, induziu alterações histopatológicas de testículos e levou à diminuição da contagem de espermatozoides e da fertilidade animal e induziu alterações histopatológicas de ratos. Induz também a dano genético em cultura de linfócitos humanos e aberrações cromossômicas em camundongos expostos por via oral (CARNEIRO et al, 2012).

O tebuconazol, triazol provoca alteração na função reprodutiva de ratos, alterando outros parâmetros como a síntese de hormônios e causando a feminilização dos machos expostos durante a gestação e lactação e o desenvolvimento neuronal (CARNEIRO et al, 2012). Em um trabalho analisaram e quantificaram resíduos de TBZ na urina humana, de fazendeiros de vinícolas na faixa etária de 30 a 55 anos, todos saudáveis. Os autores identificaram a presença de TEB-OH e TEB-COOH como metabólitos primários, nas quantidades de 10 a 473 µg/L e 3 a 159 µg/L, respectivamente (TRENTO, 2017).

### **3.4 Tipos de Contaminação**

Os agrotóxicos, de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. O uso frequente, e muitas vezes incorreto, de agrotóxicos pode causar a contaminação dos solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, dos alimentos, apresentando efeitos negativos em organismos terrestres e aquáticos e intoxicação humana pelo consumo de água e alimentos contaminados. Além dos perigos aos seres humanos, sabe-se que a introdução de agrotóxicos no ambiente pode provocar efeitos indesejáveis, como a alteração da dinâmica bioquímica natural pela pressão de seleção exercida sobre os organismos, tendo como consequência, mudanças no funcionamento do ecossistema afetado. Presença de agrotóxicos tem sido relatada em águas superficiais, subterrâneas e em água de chuva. Agrotóxicos têm sido encontrados na atmosfera mesmo distantes de áreas agrícolas. Resíduos desses produtos têm sido ainda encontrados no orvalho, na neve do ártico e na névoa do oceano (SPADOTTO et al, 2006).

#### 3.4.1 Contaminação da água, do solo, da atmosfera

Os agrotóxicos, quando aplicados sobre os campos de cultivo, podem atingir os corpos d'água diretamente, através da água da chuva e da irrigação, ou indiretamente através da percolação no solo, chegando aos lençóis freáticos. Outras formas de

contaminação indireta podem ocorrer através da volatilização dos compostos aplicados nos cultivos e pela formação de poeira do solo contaminado e/ou da pulverização de pesticidas, que podem ser transportados por correntes aéreas e se depositarem no solo e na água, distantes das áreas onde foram originalmente usados (ARIAS et al, 2006). Quanto maior a persistência (meia-vida) e a solubilidade em água, maior será seu transporte no ambiente e, conseqüentemente, maior a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais.

O acefato apresenta alta solubilidade em água e sofre hidrólise em meio alcalino. Seu coeficiente de partição octanol-água e o de partição matéria orgânica-água indicam que o composto é pouco adsorvido aos colóides do solo, evidenciando alto potencial de lixiviação. Contudo, a meia-vida do composto relatada em literatura é de poucos dias, aumentando com o abaixamento do pH do solo (MARCHETTI, 2004).

Estudos concluíram que há lixiviação do herbicida 2,4-D pode chegar até 32 cm de profundidade em latossolo vermelho-amarelo distrófico, sendo que maiores concentrações do herbicida provocam maiores efeitos tóxicos em plantas de soja, mesmo em maiores profundidades. (FRANCESCHI et al, 2015). Visto que ele apresenta um médio potencial de contaminação das águas superficiais devido a serem transportados dissolvidos na água (CABRERA, 2008).

Alta solubilidade em água indica tendência do composto a ser removido do solo. Portanto, compostos como Acefato, 2,4D possuem maior probabilidade de serem carregados pela chuva ou água de irrigação e atingirem os corpos d'água (MILHOME et al, 2009).

### 3.4.2 Contaminação humana

O Ministério da Saúde estima que mais de 400.000 pessoas são contaminadas anualmente por agrotóxicos, somente no país. Tais estimativas levam em conta um fator de correção usado pelo Ministério da Saúde para dimensionar o número de casos não-notificados. Em todo o planeta, o número de pessoas expostas a estes agentes chega na

casa dos 25 milhões somente nos países em desenvolvimento. A saúde humana pode ser afetada pelos agrotóxicos diretamente, através do contato com estas substâncias ou indiretamente através do contato com ambientes contaminados (PERES et al, 2005).

Os agrotóxicos podem causar quadros de intoxicação aguda e crônica que poderão se manifestar de forma leve, moderada ou grave. A intoxicação aguda é uma alteração no estado de saúde de um indivíduo ou de um grupo de pessoas, que resulta da interação nociva de uma substância com o organismo vivo. Já a intoxicação crônica manifesta-se através de inúmeras patologias, que atingem vários órgãos e sistemas, com destaque para os problemas imunológicos, hematológicos, hepáticos, neurológicos, malformações congênitas e tumores (OLIVEIRA, 2014).

A molécula química 2,4-D tem como principais sintomas pela ingestão ao homem, queimação na língua e no esôfago, dor no peito, vômito, hemorragia gastrointestinal e gastrite aguda. Efeitos neurotóxicos incluem coma, hiperreflexia, ataxia, alucinações, convulsões e paralisia. As pesquisas que verificam a neurotoxicidade do 2,4-D têm sido voltadas para análises do sistema nervoso central. O 2,4-D parece ser inibidor moderado da fosforilação oxidativa e tem ação tóxica direta sobre os músculos estriados esqueléticos e uma possível, porém discutida, ação tóxica sobre os nervos. Contudo, o mecanismo da neurotoxicidade do 2,4-D ainda não está esclarecido (DIAMANTE et al, 2014). Contudo último relatório da Anvisa sobre a revisão do registro da molécula, diz que não há evidências suficientes de efeitos graves à saúde na espécie humana ou em animais de experimentação, avaliadas segundo critérios técnicos e científicos atualizados (ANVISA, 2019).

Os inseticidas OF são absorvidos pelo organismo, pelas vias oral, respiratória e cutânea. Após absorvidos, os OF e seus produtos de biotransformação são rapidamente distribuídos por todos os tecidos. As reações ocorrem principalmente no fígado formando produtos menos tóxicos e mais polares, para que sejam eliminados com maior facilidade. A intoxicação por OF causa três tipos de síndromes: a colinérgica, que pode ser fatal, acontece logo após ingestão, inalação e absorção pela pele; intermediária (IMS), que

resulta em fraqueza muscular nos membros, pescoço, garganta, desenvolve em alguns pacientes 24- 96 horas depois da intoxicação e finalmente a polineuropatia tardia, desenvolve 2-3 semanas depois da intoxicação (VALE et al, 2017).

A exposição crônica a baixas doses de organofosforados também pode provocar efeitos importantes, pois pode causar ansiedade, ataxia, confusão mental, depressão, dificuldade de concentração, fala arrastada, febre, fraqueza generalizada, insônia, labilidade emocional, nistagmo, perda de memória, paralisias, parestesias, polineurite, psicose, sonambulismo, tontura, transtorno bipolar, tremores, zumbidos, sinais e sintomas de Parkinsonismo, lesões maculares comprometendo a visão, entre outros (GRIZA, 2008).

Uma equipe de cientistas da Universidade de Montreal e da Universidade de Harvard descobriram que a exposição a agrotóxicos organofosforados está associada ao aumento do risco de Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) em crianças (SCUCATO, 2017).

### 3.4.3 Alimentos Contaminados

Na legislação brasileira há um Limite Máximo de Resíduo (LMR) - quantidade máxima de resíduo de agrotóxico ou afim oficialmente aceita no alimento. Se um resíduo de agrotóxico é encontrado em um alimento em concentração igual ou inferior ao LMR, o alimento pode ser considerado seguro para a saúde do consumidor, mas se excede o LMR ou não é autorizado para a cultura, existe uma irregularidade.

No período de 2013 a 2015 foram analisadas 12.051 amostras de 25 alimentos de origem vegetal, destas 9.680 amostras (80,3%) foram consideradas satisfatórias quanto aos agrotóxicos pesquisados, sendo que em 5.062 (42,0%) não foram detectados resíduos e 4.618 (38,3%) apresentaram resíduos com concentrações iguais ou inferiores ao LMR. Das 2.371 amostras insatisfatórias, 2.211 (18,3%) delas apresentaram presença de resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura, um total de 362 amostras (3,00%) apresentou resíduos em concentrações acima do LMR. Foram detectados resíduos de 134 agrotóxicos diferentes nas 12.051 amostras analisadas, resultando em 22.721 detecções.

Os agrotóxicos acefato, clorpirifós e carbendazim foram os que apresentaram maior índice de detecções irregulares. O acefato foi detectado irregularmente em 18 dos 25 alimentos monitorados, sendo que apresentou maior número de detecções irregulares nas amostras de uva (138) e cenoura (93). O acefato apresentou maior percentual de detecções irregulares, tendo sido detectado irregularmente em 5,09% das amostras monitoradas. Observou-se ainda que cerca de metade das detecções de acefato estavam em situação irregular (ANVISA, 2016).

#### 4 CONCLUSÕES

No artigo, foi comentado sobre os efeitos de três moléculas químicas (que estão entre as mais utilizadas na agricultura brasileira) sobre o meio ambiente, levando em consideração os seus efeitos comprovados cientificamente sobre organismos não alvo, sobre o meio ambiente e sobre o homem. Contudo ainda falta muita informação sobre seus reais efeitos, visto a o tempo que elas estão no mercado e o perigo que representam, quando manuseadas de forma incorreta. Com as poucas informações que se tem, devemos ter muito cuidado a se manusear produtos que contenham estes compostos químicos em suas formulações, seguindo a bula do produto e o receituário agrônomo, aplicando somente na cultura que ele é recomendado, assim diminuindo os riscos de contaminação.

Embora apresentem riscos ao meio ambiente e a saúde humana, o uso destas moléculas continuará sendo usado no meio agrícola. Devido ao seu grande efeito sobre os organismos alvos e a atual situação vigente na agricultura do país. O objeto da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos é, em sua natureza, complexo, e demanda um entendimento mais amplo do problema. Sendo que há formas de reduzir seu uso e até eliminar, utilizando estratégias de controle como o Manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas, ou utilizando produtos biológicos. Todavia a influência de grupos de interesse como a indústria química e o comércio à qual está ligado, é muito forte, visto as supostas "necessidades" que levam à adoção em massa de tais tecnologias, assim tornando difícil a substituição dos produtos químicos por biológicos.





FRANCESCHI, M.; FELITO, R. A.; YAMASHITA, O. M.; LORENZON, J.; CARVALHO, M. A. **Lixiviação do herbicida 2,4-d + picloram em latossolo vermelhoamarelo distrófico**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

CASTRO, Tássia Flávia Dias. (2016). **Toxicidade de fungicida comercial a base de tebuconazol em Danio rerio**. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

ALVARENGA, R. P.; RENOFIO, A.; ARAUJO, A. T. **Avaliação da periculosidade ambiental da produção agrícola de milho por meio de um estudo qualitativo de avaliação do ciclo de vida (acv): um estudo de caso**. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Salvador, BA, Brasil, 8 a 11 de outubro de 2013.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Agrotóxicos. Monografias autorizadas. A02 – Acefato. 2019.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/A02+-+Acefato/651fe170-9e1f-409f-93a3-b31b99e426b2>. Acesso em: 7 de julho de 2018.

MARCHETTI, M.; LUCHINI, L. C. **Sorção/dessorção e mineralização do inseticida acefato em solo. Pesticidas: R. Ecotoxicol.** e Meio Ambiente, Curitiba, v. 14, p. 61-72, jan./dez. 2004.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Agrotóxicos. Monografias autorizadas. T-32 - Tebuconazol. 2019.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/T32%2B%25E2%2580%2593%2BTebuc onazol.pdf/8e7d87dc-8400-4e3a-910b-dca69b043d77>. Acesso em: 7 de julho de 2018.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Agrotóxicos. Monografias autorizadas. D27 – 2,4-D. 2019.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/D27%2B%2B24-D.pdf/8548d5b3-f306-49df-ac49-4498bc5768d8>. Acesso em: 7 de julho de 2018.

Trento, Marcus Vinicius Cardoso. Tebuconazol e difenoconazol: efeitos citogenotóxicos e sobre a homeostasia humana. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

DIAMANTE, N. A.; RIBEIRO, A. A.; TIBÚRCIO, V. G.; ROVIDA, A. F. S.; MARI, R. de B.; STABILLE, S. R.; GERMANO, R. M. **Investigação dos efeitos do ácido 2,4 diclorofenoxiacético sobre diferentes populações de neurônios mioentéricos do duodeno de ratos**. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 17, n. 2, p. 97-105, abr./jun. 2014.

VALE, D. B. J.; NASCIMENTO, D. V. S.; MACHADO, E. G. G.; REZENDE, F. A.; MELO, J. P. (2017). **A utilização de organofosforados na agricultura brasileira: riscos para a saúde humana e danos ambientais - uma revisão bibliográfica**. Disponível em: [http://www.convibra.com.br/upload/paper/2017/83/2017\\_83\\_13645.pdf](http://www.convibra.com.br/upload/paper/2017/83/2017_83_13645.pdf).

PERES, F.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; DELLA-ROSA, H. V.; DE LUCC, S. R. **Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos.** Ciência & Saúde Coletiva, 10(Sup); p. 27-37, 2005.

SPADOTTO, C. A. **ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE AGROTÓXICOS.** Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, 10/05/2006.

GRIZAI, F. T.; ORTIZI, K. S.; GEREMIAS, D.; THIESEN, F. V. **Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha - Rio Grande do Sul.** Quim. Nova, Vol. 31, No. 7, 1631-1635, 2008.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **PROGRAMA DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS (PARA) RELATÓRIO DAS ANÁLISES DE AMOSTRAS MONITORADAS NO PERÍODO DE 2013 A 2015.**

ABRASCO (Associação Brasileira de Saúde Coletiva) – **Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Nutricional e Saúde.** In: CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R, M.; AUGUSTO, L. G. S.; RIZZOLO, A.; FARIA, N. M. X.; ALEXANDRE, V. P.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M. S. C. Rio de Janeiro, 2012.