

AGROTÓXICOS: principais classificações utilizadas na agricultura brasileira - uma revisão de literatura

CÁSSIA REGINA ALVES MENDES¹, CARLOS EDUARDO PINTO MENDES²,
FABIOLA STEFANIEVANGELISTA DOS SANTOS³, KEILA SULAMITA ROCHA LUZ⁴ &
LÍLIA PEREIRA SANTANA⁵

¹*Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, Brasil cassia.al7@gmail.com*

²*Unicesumar, Curvelo, MG, Brasil*

³*Unopar, Curvelo, MG, Brasil*

⁴*Escola Estadual Ministro Adauto Lúcio Cardoso, Curvelo, MG, Brasil*

⁵*Escola Estadual Doutor Pacífico Mascarenhas, Inimutaba, MG, Brasil*

Revista Maestria, v.17, p. 95-107, 2019

RESUMO - O Brasil é um dos principais consumidores de agrotóxicos do mundo. O processo produtivo agrícola brasileiro está cada vez mais dependente dos agrotóxicos e fertilizantes químicos. Devido à existência de uma grande diversidade de agrotóxicos, conhecer a classificação dos agrotóxicos, sua ação e a que grupo químico pertence é fator importante para determinar o diagnóstico das intoxicações e para indicação do tratamento específico. Assim, por causa da relevância da temática esta revisão da literatura objetiva apresentar uma abordagem sobre as principais contribuições descritas na literatura a respeito das classificações de agrotóxicos utilizadas no Brasil. Realizou-se busca no site Google Acadêmico utilizando os seguintes descritores: Agrotóxicos, Agroquímicos e Classes de agrotóxicos. Foram encontrados 37 trabalhos, no entanto somente 25 foram selecionados. Após a análise dos artigos selecionados, os mesmos foram divididos em categorias. Verificou-se que os critérios que podem ser utilizados para classificar os agrotóxicos variam muito. Entretanto, alguns dos mais comuns são: Alvos preferenciais sobre os quais atuam; classe química a que pertencem (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, triazinas etc.); maior ou menor toxicidade aguda sobre os seres vivos.

Palavras-chave: Classes de agrotóxicos. Fertilizantes químicos. Pesticidas.

AGROTOXIC: main classifications used in Brazilian agriculture - a literature review

ABSTRACT - Brazil is one of the primary consumers of pesticides in the world. The Brazilian agricultural production process is increasingly dependent on pesticides and chemical fertilizers. Due to the existence of a great diversity of pesticides, knowing their classification, their action, and which chemical group they belong to is an essential factor in determining the diagnosis of intoxications and in indicating the specific treatment. Giving the importance of the issue, this review of publications aims to present a discussion of the main contributions described in the literature, regarding pesticide classifications used in Brazil. The search was performed on the Google Scholar site using the following descriptors: pesticides, agrochemicals, and pesticide classes. Thirty-seven papers were found; however, only twenty-five were selected. After analyzing the selected articles, they were divided into the following categories: preferred targets on which they operate, chemical class to which they belong to, degree of toxicity. It has been found that the criteria to classify pesticides vary greatly. However, some of the most common are: preferred targets they act upon; chemical class to which they belong (organochlorines, organophosphates, carbamates, pyrethroids, triazines, etc.); higher or lower acute toxicity on living things.

Keywords: Pesticide classes. Chemical fertilizers. Pesticides.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, também denominados de pesticidas, biocidas, produtos fitossanitários, defensivos agrícolas ou praguicidas, inicialmente considerados um símbolo do progresso agrícola, são produtos da ciência utilizados com o objetivo de se garantir o aumento de produtividade através do controle de pragas. (FERREIRA, 2014) Segundo Montanha e Pimpão (2012), a nomenclatura desses produtos pode variar de acordo com o interesse dos grupos envolvidos. O termo “agrotóxico” é o mais recomendado, pois atesta a toxicidade dessas substâncias químicas, especialmente quando manipuladas sem adequados equipamentos de proteção. (SAVI *et al.*, 2010) Apesar de serem utilizados em diversos sistemas, naturais ou não, são empregados em maior escala no setor agropecuário e estão entre os principais instrumentos do atual modelo de desenvolvimento da agricultura brasileira, centrado em ganhos de produtividade. (FERREIRA, 2014)

A Lei Federal no 7.802, de 11 de julho de 1989, atualmente regulamentada pelos decretos 98.816 de 1990 e 4.074, de 4 de janeiro de 2002, define agrotóxicos como produtos e 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. Tem como finalidade alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento; e os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins. Essa definição exclui fertilizantes e químicos administrados a animais para estimular crescimento ou modificar comportamento reprodutivo. (CASSAL *et al.*, 2014)

O mercado brasileiro de agrotóxicos expandiu rapidamente na última década (190%), num ritmo de crescimento maior que o dobro do apresentado pelo mercado global (93%), o que coloca o Brasil, de acordo com Rigotto, Vasconcelos e Rocha (2014), em primeiro lugar no ranking mundial, desde 2008. Segundo as autoras, na safra 2010/2011, o consumo foi de 936 mil toneladas de agrotóxicos. A liberação do cultivo a partir de sementes transgênicas e sua difusão nas áreas agricultáveis estão associadas ao aumento do consumo, tendo em vista o uso intenso de herbicidas, responsáveis por 45% do volume consumido, seguidos pelos fungicidas (14%) e inseticidas (12%). (RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014)

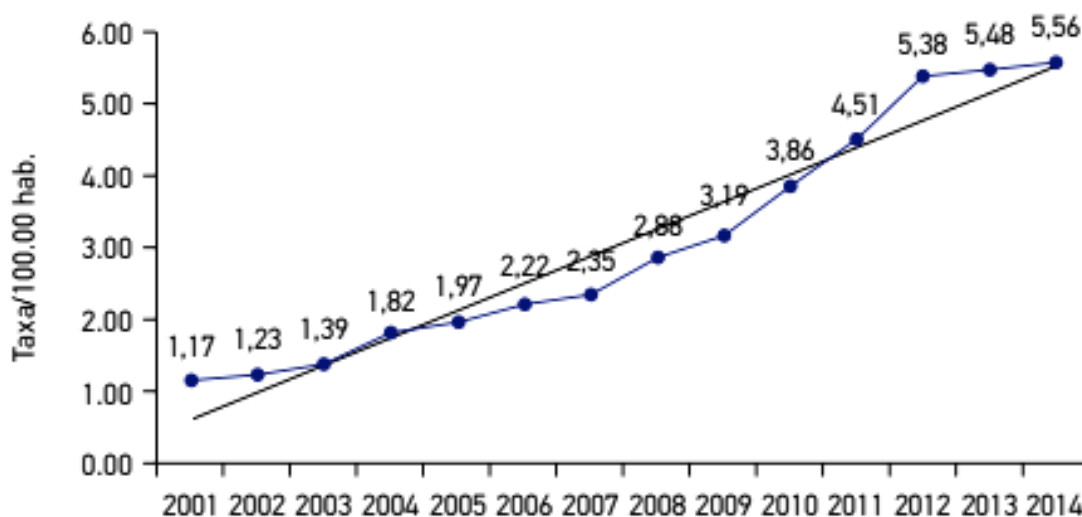
De acordo com Pedlowski *et al.* (2012), mais de 80% dos agricultores brasileiros utilizam agrotóxicos para combater pragas e doenças e, com isso, aumentar a produtividade, o que contribui para aumentar o risco de danos ambientais e problemas à saúde humana, uma vez que principalmente os agricultores estão expostos a uma mistura de agrotóxicos. (PEDLOWSKI *et al.*, 2012)

Apesar dos benefícios trazidos pelos agrotóxicos em termos de produtividade agrícola e em termos econômicos, eles vêm trazendo, há várias décadas, prejuízos ao meio ambiente e ao homem. (BRITO; MELLO; CÂMARA, 2009) Duas particularidades, entretanto, devem ser acentuadas quando se examinam os efeitos adversos desses produtos: os efeitos inter-relacionados – persistência dos resíduos no ambiente e nos alimentos – e os danos para a saúde, os quais são geralmente insidiosos e aparecem depois de um longo tempo. (FERREIRA, 2014) Na saúde, os impactos podem atingir tanto os aplicadores dos produtos, quanto aos membros da comunidade e os consumidores dos alimentos contaminados com resíduos. Sem dúvida, a primeira categoria é a mais afetada. (SOARES *et al.*, 2003) O uso indiscriminado de agrotóxicos tem resultado em intoxicações, em diferentes graus, de agricultores e de consumidores. (CASSAL *et al.*, 2014) Em

pesquisa realizada por Queiroz *et al.* (2019), de 2001 a 2014, foram notificados 80.069 casos de intoxicação por agrotóxicos no Brasil. Nesse

período, houve crescimento linear de intoxicação por agrotóxicos, como pode ser observado na FIG. 1.

FIGURA 1 - Tendência da incidência de notificações de intoxicação por agrotóxicos no Brasil, 2001 a 2014



Fonte: Queiroz *et al.* (2019, p.4)

De acordo com Gaboadi *et al.* (2019), apesar das evidências científicas sobre as consequências negativas do uso de agrotóxicos e transgênicos, presentes em artigos científicos e parcialmente compiladas no Dossiê da Associação Brasileira de Saúde Coletiva – ABRASCO- e no livro organizado por Ferment *et al.* (2015), a pressão política pela liberalização do uso de transgênicos e agrotóxicos tem sido crescente, indicando um embate entre o setor ruralista e instituições da área de proteção à saúde e ao meio ambiente.

Ademais, frequentemente, surgem novos ingredientes ativos no mercado sem que existam estudos suficientes sobre os danos crônicos relacionados. Se for ainda considerado que o agricultor, na sua prática, se expõe não somente a um produto, mas a muitos deles, torna-se ainda mais complexa uma tentativa de avaliação dos

danos à saúde que tais combinações podem causar. Apesar deste triste cenário, o que se observa é uma realidade de produção e comercialização nacional intensa, aliada ao uso indiscriminado dessas substâncias nas áreas de lavoura do país, seja em pequenas, médias ou grandes propriedades rurais. (BRITO; MELLO; CÂMARA, 2009) Visando um maior conhecimento sobre as principais classificações dos agrotóxicos, torna-se indispensável a realização de estudos que permitam entender as diferentes formas utilizadas para classificar os agrotóxicos, considerando as pragas que matam o grupo químico e a toxicidade. Assim, este trabalho objetiva apresentar uma abordagem sobre as principais contribuições descritas na literatura a respeito das classificações de agrotóxicos utilizadas no Brasil.

MATERIAL & MÉTODOS

O tipo de pesquisa relacionado neste trabalho é o método da pesquisa secundária de natureza bibliográfica. Segundo Gil (2006), a pesquisa bibliográfica se desenvolve através de referências teóricas encontradas em livros, revistas, artigos, e literaturas afins, com o objetivo de conhecer e analisar as contribuições sobre determinado assunto. Essa abordagem foi escolhida por proporcionar um embasamento e aprofundamento sobre as informações referentes ao tema estudado. As pesquisas bibliográficas podem servir de base para reflexões e ações futuras, colaborando para o desenvolvimento de pensamentos e novas perspectivas sobre problemáticas, permanecendo como principal contribuição. (SILVA *et al.*, 2015)

Quanto aos fins, tratou-se de uma pesquisa descritiva. No estudo descritivo, o pesquisador tem acesso aos dados, fatos e utiliza-os da maneira como sua pesquisa exige, mas sem interferência do pesquisador. Tem como caracterizador a padronização da coleta de dados, a ser desenvolvida preferencialmente por questionários e observação sistemática.

A seleção da amostra foi realizada com base na leitura dos resumos dos trabalhos encontrados nas bases de dados do Google Acadêmico e Scielo. Foram considerados como critérios de inclusão da amostra: publicações que se relacionavam ao tema do estudo; que estavam dentro do recorte temporal fixado entre os anos 2007 a 2017; escritos no idioma português; que foram publicados em revistas científicas e livros. Foram excluídos os estudos repetidos ou que não estivessem disponíveis na íntegra, escritos em idioma diferente do português e que não tivessem relação com a questão de pesquisa. Empregaram-se os seguintes descritores: Agrotóxicos, Agroquímicos e Classes de agrotóxicos. Utilizando os critérios expostos acima, foram selecionados 25 artigos, que preenchiam os critérios inicialmente propostos e que foram lidos na íntegra. A apresentação e a discussão dos

resultados obtidos foram centradas nas seguintes classificações: alvos preferenciais sobre os quais os agrotóxicos atuam; estrutura química e; grau toxicológico; padrão de uso e mecanismos de ação.

Foi feita uma análise das informações e avaliados os pontos de concordância e divergência entre os autores selecionados. Após a concreta intensificação das defesas dos autores, foram realizadas descrições que possibilitarão reflexões acerca do tema.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

Os critérios que podem ser utilizados para classificar os agrotóxicos variam muito. Entretanto, alguns dos mais comuns são:

- Alvos preferenciais sobre os quais atuam: pesticidas (combatem pragas em geral), fungicidas (agem sobre fungos), herbicidas (impedem o crescimento de ervas daninhas), rodenticidas (combatem ratos e roedores em geral), acaricidas (para o extermínio de ácaros), molusquicidas (agem sobre moluscos, principalmente utilizado no combate contra o caramujo da esquistossomose), algicidas (eliminação de algas), nematicidas, fumigantes, e reguladores e inibidores de crescimento (FERREIRA, 2014);
- Classe química a que pertencem (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, triazinas etc.);
- Grau toxicológico referente aos resultados de testes ou estudos realizados em laboratórios, estabelecidos pela portaria nº3/MS/SNVS, de 16 de janeiro de 1992, da Agência de Vigilância Sanitária. (ANVISA, 2014)

Alvos Preferenciais sobre os quais os Agrotóxicos Atuam

Os agrotóxicos são classificados de acordo com os alvos preferenciais sobre os quais atuam definido pelo poder de ação do ingrediente ativo sobre organismos-alvo. Segundo Pelaez *et*

al. (2010), as três principais classes, que representam cerca de 95% do consumo mundial de agrotóxicos, são os herbicidas (48%) inseticidas (25%) e fungicidas (22%). Em 2012, o Brasil alcançou a marca de 826,7 milhões de toneladas de pesticidas vendidos, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola (SINDAG, 2010), superando os Estados Unidos, o maior produtor mundial de alimentos, que consumiu 646 milhões de toneladas. No Brasil, o programa de análise de resíduos de pesticidas da ANVISA analisou mais de 1,7 mil amostras em 2008 e constatou que 15,28% das amostras possuíam resíduos em concentrações acima do permitido por lei, além da descoberta de princípios ativos não permitidos em todas as culturas analisadas. Em 64% das amostras de pimentão, foi constatada a presença de pesticidas; morango, uva e cenoura também apresentaram índices elevados de resíduo de pesticidas. (RIBEIRO *et al.* 2014)

Inseticidas

Inseticidas são definidos como substâncias químicas sintéticas, ou naturais, ou de origem biológica que controlam insetos. O controle pode resultar em morte do inseto ou prevenir comportamentos considerados destrutivos. (MORAIS; MARINHO-PRADO, 2016)

Os inseticidas possuem ação de combate a insetos, larvas e formigas. Um bom exemplo é o Vertinec, considerado muito perigoso ao meio ambiente e mediantemente tóxico. (DANTAS, 2012)

Nos últimos 80 anos, os inseticidas vêm sendo amplamente utilizados na agricultura para o controle e combate de pragas, garantindo o suprimento de alimentos para uma população em constante crescimento. O uso destes produtos é considerado importante e indispensável para o aumento da produtividade das áreas destinadas à agricultura, já que os insetos são grandes responsáveis pelas perdas verificadas durante a produção de alimentos. Eles também são

utilizados na pecuária, em domicílios e em programas de saúde pública. (SANTOS *et al.*, 2007)

Em 2012, os inseticidas correspondiam a 12% das vendas de agrotóxicos no mercado nacional. (CASSAL *et al.*, 2014) Os principais são bentazona, bispiribaque-sódico, clomazona, cialofope-butilico, 2,4-D, etoxisulfurom, imazapique, pirazossulfurom-etílico, propanil e tio-bencarbe, benfuracarbe, beta-ciflutrina, fipronil, imidacloprido, tiametoxam.

Fungicidas

Os fungicidas combatem fungos e existem em abundância. (DANTAS, 2012) No ano de 2012, respondiam por 14% do mercado nacional. (CASSAL *et al.*, 2014)

Entre os fungicidas mais vendidos atualmente, destacam-se as misturas de princípios ativos pertencentes às classes das estrobirulinas que inibem a respiração mitocondrial de fungos e de outros eucariotos e os fungicidas triazóis que provocam a ruptura da parede celular pela inibição do complexo P450, o qual está também presente entre os animais no qual desempenha passo crítico na síntese de esteroide. (CASTRO, 2009)

Os fungicidas triazóis podem ser definidos como compostos modernos de amplo uso e menor persistência ambiental, com meia-vida e bioacumulação menores que seus antecessores. Entretanto, pouco se sabe a respeito da ecotoxicidade desses compostos e seus possíveis efeitos nos ecossistemas, devido, em parte, à dificuldade de identificação de seus numerosos produtos de biotransformação. Já em relação à ecotoxicidade das estrobilurinas, quase nada é conhecido. (CASTRO, 2009)

O modo de ação dos fungicidas triazóis envolve a ruptura da parede e membrana celular do fungo pela inibição da lanosterol14a-demethylase (CYP51). A CYP51 está presente nas plantas, fungos e animais. Nos animais,

desempenha passo crítico na síntese do colesterol e na biossíntese de esteroides. As CYPs são enzimas da fase I que facilitam a eliminação de toxicantes e são necessárias para a síntese e catabolismo de esteroides, vitamina D e outros compostos. Além dessas ações, os triazóis também modulam a expressão gênica e a atividade enzimática do citocromo P450 (CYP) e outras enzimas metabólicas no fígado e outros tecidos de mamíferos. Os efeitos ocasionados por estes fungicidas indicam que um dos principais mecanismos para os efeitos no sistema endócrino envolve a alteração da enzima CYP17 envolvida na síntese de hormônios esteroides. (TAXVIG *et al.*, 2007) Por exemplo, o propiconazole induz a CYP1A2 no fígado de rato e as isoformas das CYP2B e CYP3A no fígado de camundongos. (CASTRO, 2009)

Os fungicidas, segundo Hahmed *et al.* (2014), também podem ser divididos em:

- Protetores: são usados para formar uma película superficial no vegetal para prevenir a germinação ou estabelecimento de esporos fúngicos.
- Erradicantes: eliminam uma infecção fúngica já estabelecida.
- Curativos: atenuam os sintomas ou reparam os danos provocados pelos patógenos.
- Sistêmicos: esse grupo inclui o binomial, o etirimal e o tiofanato metílico, os quais apresentam baixa toxicidade para os mamíferos e alta eficiência no controle de doenças fúngicas.

Entre os controles alternativos de fungos, destacam-se o potencial dos extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de antracnose de frutos de goiaba, cujos resíduos de fungicidas nos frutos impedem a exportação. (BORSOI *et al.*, 2014)

Benzimidazóis e herbicidas

Os benzimidazóis oferecem proteção contra doenças fúngicas. São compostos vastamente utilizados na pré e na pós-colheita. São instáveis a altas temperaturas e afetam o

mecanismo de divisão celular do fungo. (STOPPELLI; MAGALHÃES, 2005)

Já os herbicidas combatem ervas daninhas. Nas últimas duas décadas, este grupo tem tido uma utilização crescente na agricultura e um dos exemplos amplamente divulgados pela mídia especializada é o glifosato. (DANTAS, 2012)

Os herbicidas dividem-se em dois grupos, segundo o modo como atuam. Os da primeira categoria, que incluem o monuron e a simazina, interferem com a fotossíntese provocando a morte da planta por falta de energia. O segundo grupo é tipificado pelo 2,4-D (2,4 - ácido diclorofenoxiacético) e pelo 2,4,5 - T (2,4,5 - ácido triclorofenoxiacético), de utilização corrente. As plantas herbáceas de folha larga são particularmente susceptíveis ao 2,4 - D, enquanto que o 2,4,5 - T e uma mistura de 2,4 D com 2,4,5 - T atuam com eficácia nas plantas lenhosas. (CAIRES; CASTRO, 2002)

Segundo Cassal *et al.* (2014), em 2012, os herbicidas, por exemplo, representaram 45% do total de agrotóxicos comercializados.

Glifosato

O glifosato tem fórmula molecular $C_3H_8NO_5P$ (m.m. = 169,1 g/mol) e, na forma de sal de isopropilamônio, apresenta-se acrescido do grupo $(CH_3)_2CHNH_3 +$ (m.m. = 228,2 g/mol). Em condições ambientais, tanto glifosato quanto seus sais são sólidos cristalinos muito solúveis em água (12 g/L a 25 °C, para glifosato) e quase insolúveis em solventes orgânicos comuns, tais como acetona e etanol, entre outros. (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002)

Desde 1971, ano no qual começou a ser utilizado como herbicida, três tipos de glifosato vêm sendo comercializados: glifosato-isopropilamônio, glifosato-sesquisódio, e glifosato-trimesium. Seja como sal de amônio ou sódio, glifosato é um organofosfato que não afeta o sistema nervoso da mesma maneira que outros

organofosforados (em geral inseticidas, inibidores da enzima colinesterase).

Apesar do glifosato ser citado como pouco tóxico, há evidências de efeitos deletérios no ambiente, principalmente devido à resistência adquirida por algumas espécies de ervas, após o uso prolongado do herbicida. (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002)

Segundo Londres (2011), o glifosato, é o herbicida mais vendido no Brasil e no mundo. Segundo a autora, estima-se que a venda deste formulado no Brasil alcance, atualmente, a marca de 250 milhões de litros anuais. É indicado no controle de ervas daninhas anuais e perenes, monocotiledôneas ou dicotiledôneas, em culturas de arroz irrigado, cana-de-açúcar, café, citros, maçã, milho, pastagens, soja (plantio direto ou indireto), fumo, uva e soqueira em cana-de-açúcar. É indicado, ainda, para as culturas de ameixa, banana, cacau, nectarina, pera, pêssego, seringueira e plantio direto do algodão. A mistura com outros herbicidas pode reduzir a atividade do produto, ocasionando o chamado antagonismo. Para aumentar a eficiência na eliminação de ervas, pode-se utilizar glifosato misturado com outros herbicidas, tais como formulados à base de 2,4-D, terbutilazina, simazina, alaclor e diuron, por exemplo. O glifosato pode, ainda, ser aplicado na água para controle de ervas aquáticas. (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002)

A aplicação de glifosato pode resultar na presença de resíduos tanto na colheita quanto em animais usados na alimentação humana. No ambiente, as concentrações mais altas de ambos os compostos foram encontradas no solo. (AMARANTE JUNIOR *et al.*, 2002)

Acaricidas, rodenticidas e raticidas (dicumarínicos), nematicidas, moluscidas e fumigantes

As rodenticidas e raticidas (dicumarínicos) são utilizados no combate a roedores. As acaricidas agem combatendo diversos ácaros. Já as nematicidas são utilizadas no combate a

nematóides. As moluscidas têm ação de combate a moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose. E os fumigantes têm ação de combate a insetos, bactérias: fosfetos metálicos (Fosfina) e brometo de metila.

Classe Química a que Pertencem

De acordo com essa classificação, os agrotóxicos são agrupados conforme a semelhança das estruturas moleculares do princípio ativo que os constituem. As principais classes de agrotóxicos, segundo a estrutura química, são organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretroides.

Organoclorados

Os organoclorados são agrotóxicos orgânicos sintéticos que possuem o elemento cloro em suas moléculas. Esses compostos formam um grupo relativamente grande de inseticidas, com considerável diversidade de estruturas, propriedades e usos. Três subgrupos são dignos de destaque: os derivados clorados do etano (DDT e outros), os ciclodienos (aldrin, endrin, dieldrin, heptacloro e endossulfan) e os hexaclorociclohexanos (HCHs), como o lindano. A variada toxicidade dos organoclorados expressa a diversidade química dessa classe. (FARIA *et al.*, 2004)

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 (LIMA *et al.*, 2016), o que pode vir a determinar uma série de efeitos indesejados à saúde. (PERES; MOREIRA, 2007)

A ação dos organoclorados como pesticida está baseada na neurotoxicidade, influenciando o balanço Na^+/K^+ ao longo da membrana nervosa. Esses pesticidas são com

prados a um baixo custo e podem agir por vários anos. (STOPPELLI; MAGALHÃES, 2005)

Desde a década de 90, diversos estudos vêm apontando a possível relação entre a exposição ambiental e ocupacional a agrotóxicos organoclorados e o desenvolvimento de alguns tipos de câncer, como os cânceres de mama, pulmão, estômago, pâncreas e próstata. (PERES; MOREIRA, 2007)

Além disso, os organoclorados são muito estáveis e podem persistir nos organismos e no ambiente por mais de trinta anos. (PERES; MOREIRA, 2007)

Organofosforados

Os agrotóxicos organofosforados (OF) são usualmente ésteres pentavalentes derivados do ácido fosfórico e tiofosfórico. (FARIA *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2016) São os constituintes da maioria dos agrotóxicos atuais. São, desde a década de 70, os pesticidas mais utilizados no mundo. (ARAÚJO *et al.*, 2007)

São mais amplamente utilizados como inseticidas, mas podem ser empregados como herbicidas (glifosfato) e fungicidas (kitazin). Alguns organofosforados empregados na agricultura, como o Paration, são muito tóxicos para os mamíferos, enquanto outros usam as diferenças no metabolismo de insetos e mamíferos para produzir agrotóxicos com baixa toxicidade para estes últimos, como o Malation. (FARIA *et al.*, 2004)

Apresentam alta toxicidade ao organismo alvo já que sua ação se caracteriza por ser um potente inibidor irreversível da enzima acetilcolinesterase, promovendo a fosforilação de um resíduo de serina no centro ativo da enzima. Essa enzima é responsável pela transformação da acetilcolina em colina, fazendo com que os impulsos nervosos não se interrompam entre as sinapses, levando a convulsões e morte do inseto. O largo uso desses compostos está relacionado com sua baixa permanência no ambiente. (STOPPELLI; MAGALHÃES, 2005)

Carbamatos

Os carbamatos fazem parte de um grande grupo de agrotóxicos sintéticos, derivados de ésteres do ácido carbâmico (LIMA *et al.*, 2016). Os primeiros ésteres do ácido carbâmico foram sintetizados na década de 30 e comercializados como fungicidas. Esses ésteres alifáticos possuíam baixa atividade inseticida, e o interesse por essa classe permaneceu estagnado até os anos 50, quando foram sintetizados potentes análogos da droga fisostigmina, um alcaloide anticolinesterásico extraído da planta *Physostigma venenosum*. (FARIA *et al.*, 2004)

Nos últimos quarenta anos, foram desenvolvidos e usados em grande escala e atualmente mais de cinquenta carbamatos são conhecidos. Apresentam alta eficiência, baixa ação residual e baixa toxicidade em longo prazo, com amplo espectro de uso. (LIMA *et al.*, 2016)

À semelhança dos organofosforados, os carbamatos agem também inibindo a acetilcolinesterase e se diferenciam pelo fato de a combinação se processar de maneira mais reversível, o que acarreta, todavia, um acúmulo de acetilcolina nas sinapses colinérgicas. (FARIA *et al.*, 2004)

Piretroides

Os piretroides são inseticidas de origem vegetal, obtidos a partir do piretro, também conhecido por pó da Pérsia, extraído no processo de trituração das flores de algumas plantas pertencentes ao gênero *Chrysanthemum* (família *Compositae*), principalmente as espécies *Chrysanthemum cinerariaefolium* e espécies relacionadas como o *Chrysanthemum coccineum* (SANTOS *et al.*, 2007). São utilizados contra insetos desde 1800 (MORAIS, MARINHO-PRADO, 2016). Segundo Santos *et al.* (2007), as piretrinas naturais foram utilizadas como inseticidas 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. Entretanto, 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. (LIMA *et al.*, 2016)

O uso dos piretroides sintéticos na agricultura iniciou-se na década de 70 após mudança estrutural introduzida nas piretrinas, para modificar a estrutura química com o intuito de se obter substâncias com maior estabilidade e potencial inseticida. Assim, a inclusão de átomos de nitrogênio, enxofre e átomos de halogênios às piretrinas solucionou os problemas de estabilidade relacionados às substâncias naturais, enquanto manteve relativamente baixa a toxicidade aguda em mamíferos. (SANTOS *et al.*, 2007) Nos insetos, essas substâncias são facilmente absorvidas pela cutícula dos insetos ou pelos espiráculos, por isso, os insetos de tegumento mole são mais sensíveis à sua ação do que os de tegumento mais efeito de choque denominado “Knockdown”. (SANTOS *et al.*, 2007) Ademais, esses compostos apresentam amplo espectro de atividade, ação rápida, eficiência em baixa dose, baixo poder residual no ambiente e, adicionalmente, é praticamente atóxico para mamíferos, quando comparados a outros inseticidas. (MONTANHA; PIMPÃO, 2012)

Em virtude das vantagens de seu uso, os piretroides tornaram-se um sucesso e tiveram seu uso aumentado e ampliado para outros fins, além da agricultura, levando, conseqüentemente, à exposição de organismos não alvos aos seus efeitos tóxico. (SANTOS *et al.*, 2007)

Atualmente, é o grupo de inseticidas mais utilizados na agricultura e em ambientes domésticos. São bem menos tóxicos aos mamíferos do que organofosforados, carbamatos e organoclorados. (FARIA *et al.*, 2004) Porém, segundo o autor, sabe-se que piretrinas e piretroides são substâncias alergizantes e frequentemente desencadeiam episódios de asma e bronquite em crianças. Apesar dessa vantagem relação a outros inseticidas, os mesmos cuidados

devem ser tomados para sua utilização, já que podem exercer nos vertebrados efeitos neurotóxicos e cardiotoxicos. (MONTANHA; PIMPÃO, 2012)

Quanto ao Grau Toxicológico

Os agrotóxicos também podem ser classificados pelo grau toxicológico referente aos resultados de testes ou estudos realizados em laboratórios, estabelecidos pela portaria nº3/MS/SNVS, de 16 de janeiro de 1992, da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2014). Deste modo, no Brasil, essa classificação é de responsabilidade do Ministério da Saúde e a determinação legal específica é que esses produtos apresentem, em seus rótulos, uma faixa colorida advertindo sua classe toxicológica.

O conceito de potencial de periculosidade ambiental (PPA) dos agrotóxicos e a definição de sua aplicação foram normatizados em 1996. (SILVEIRA; ANTONIOSI FILHO, 2013) O indicador de letalidade (DL 50) correspondente à dose capaz de matar 50% dos indivíduos de uma população em teste. Ele representa uma dose capaz de matar uma dada percentagem dos indivíduos de uma população em teste.

De acordo com a DL50, as classes toxicológicas são indicadas por meio das cores dos rótulos. A cor determina sua intensidade, sendo classe I faixa vermelha (extremamente tóxico); classe II faixa amarela (altamente tóxico); classe III – faixa azul (medianamente tóxico); e classe IV – faixa verde (pouco ou muito pouco tóxico). (STOPPELLI; MAGALHÃES, 2005) Segundo Santos (2013), todos têm grau de periculosidade extremo.

A FIG. 2, a seguir, mostra a dose letal (DL 50), sendo a indicação da letalidade dos agrotóxicos. A dose letal representa uma dose capaz de matar uma dada percentagem dos indivíduos de uma população em teste. O indicador de letalidade (DL 50) correspondente à dose capaz de matar 50% dos indivíduos de uma população em teste.

Segundo Silva *et al.* (2015), a classe toxicológica reflete a toxicidade aguda e não indica os efeitos da exposição crônica, que teria como consequência, câncer, neuropatias e outros.

CONCLUSÕES

O uso de agrotóxicos na lavoura é uma realidade nacional. Sua ampla e crescente utilização no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem gerado uma série de

transtornos e modificações para o ambiente, seja através da contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja através da sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos etc.). Também se apresenta como determinante de uma série de doenças e agravos à saúde das populações humanas.

Devido à relevância da temática, esta revisão da literatura apresentou uma abordagem sobre as principais contribuições descritas na

FIGURA 2 - Classe toxicológica, cor de faixa no rótulo do produto e dose letal 50 (DL 50)

Classe toxicológica		Cor de faixa	Dose letal 50 (DL50)
Classe I	Extremamente tóxicos	FAIXA VERMELHA	< 5mg/kg 1 pitada ou algumas gotas
Classe II	Altamente tóxicos	FAIXA AMARELA	5 – 50mg/kg 1 colher de chá
Classe III	Medianamente tóxicos	FAIXA AZUL	50 -500 mg/kg 1 colher de chá cheia/2 sopa
Classe IV	Pouco tóxicos	FAIXA VERDE	

Fonte: SILVA *et al.* (2015, p.79)

literatura a respeito das classificações de agrotóxicos utilizadas no Brasil.

Devido à relevância da temática, esta revisão da literatura apresentou uma abordagem sobre as principais contribuições descritas na literatura a respeito das classificações de agrotóxicos utilizadas no Brasil. A motivação deste trabalho deveu-se à necessidade de compreender melhor a forma os fatores que levam a diferenciação dos agroquímicos. Igualmente importante é a necessidade de realizar um aprofundamento na questão abordada, a fim

de considerar os mecanismos de ação e possíveis danos que estes produtos possam causar.

Assim verificou-se que critérios que podem ser utilizados para classificar os agrotóxicos variam muito. Entretanto, alguns dos mais comuns são: os alvos preferenciais sobre os quais atuam (inseticidas, fungicidas; herbicidas, acaricidas; rodenticidas, nematocidas; molusquicidas, fumigantes, e reguladores e inibidores de crescimento) (FERREIRA, 2014); a classe química a que pertencem (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, triazinas etc.); e a maior ou menor toxicidade

aguda sobre os seres vivos – esta última é recomendada pela Organização Mundial da Saúde, que os classifica segundo o grau de periculosidade, baseando-se na DL50.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE JUNIOR, Ozelito Possidônio de; DOS SANTOS, Teresa Cristina Rodrigues; BRITO, Natilene Mesquita; RIBEIRO, Maria Lúcia. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova*, Vol. 25, No. 4, 589-593, 2002.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Instrução Normativa Conjunta ANVISA/IBAMA/SDA/MAPA nº 1*, de 16 de junho de 2014.
- ARAUJO, Alberto José de *et al.* Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, RJ. *Ciência Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 115-130, Mar. 2007
- BRASIL. *Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989*. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acesso em: nov. 2018
- BRITO, Paula Fernandes de; MELLO, Márcia Gomide da Silva; CÂMARA, Volney de Magalhães. Agrotóxicos e saúde: realidade e desafios para mudança de práticas na agricultura. *Physis Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n.1, p. 207-225, 2009.
- BORSOI, Augustinho; DOS SANTOS, P. R. R., TAFFAREL, L. E., JÚNIOR, A. C. G. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. *Acta Iguazu*, v. 3, n. 1, p. 86-100, 2014.
- CAIRES, Sandro Marcelo de; CASTRO, José Gerley Díaz. Levantamento dos agrotóxicos usados por produtores rurais do município de Alta Floresta Mato Grosso *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, vol. 2, n. 1, 2002.
- CASSAL, Vivian Brusius; DE AZEVEDO, Letícia Fátima; FERREIRA, Roger Prestes; DA SILVA, Danúbio Gonçalves; SIMÃO, Rogers Silva. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* - REGETV. 18 n. 1, abr 2014, p.437-445
- CASTRO, V. L. S. S. Uso de Misturas de Agrotóxicos na Agricultura e Suas Implicações Toxicológicas na Saúde. *Journal of Brazilian Society Ecotoxicology*, v. 4, n. 1-3, 2009.
- DANTAS, Ângela Maria Moraes. *O que sabem sobre agrotóxicos alunos e agricultores de uma região agrícola do Distrito Federal?* (Monografia). Trabalho de Conclusão Curso Instituto de Química da Universidade de Brasília. Brasília: 2012.
- FARIA, Neice Müller Xavier; FACCHINI, Luiz Augusto; FASSA, Ana Claudia Gastal; TOMASI, Elaine. Trabalho rural e intoxicações por agrotóxicos. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n 5: p.1298-1308, set-out, 2004.
- FERMENT *et al.* *Lavouras transgênicas: riscos e incertezas*, mais de 750 estudos desprezados pelos órgãos reguladores de OGMs. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2015. 450p
- FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti. A pulverização aérea de agrotóxicos no Brasil: cenário atual e desafios. *Revista de Direito*.

Sanitário., São Paulo v.15 n.3, p. 18-45, nov. 2014/fev. 2015.

GABOARDI, S. C.; CANDIOTTO, L. Z. P.; RAMOS, L. M. Perfil do uso de agrotóxicos no sudoeste do Paraná (2011–2016). *Revista Nera*, n. 46, p. 13-40, 2019. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5566/4677> Acesso em: 12 mar. 2019.

GIL, Antônio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5 ed. São Paulo: Atlas. 2006.

HAHMED, Marcel Cappi; OLIVEIRA, Ana Elisa Alencar Silva de; FRANCISCO, Bianca Di Lucia Ruiz. Avaliação e controle do ambiente de trabalho no armazenamento de agrotóxicos em propriedade rural. *Revista Cognitio*. Lins, n.1, 2014.

LIMA, Antonio Luís dos Santos; OLIVEIRA, Sérgio Eduardo Martins de; REZENDE, André Luiz Tenório; NETO, Jorge Jacob; LIMA, Keila dos Santos Cople. Agrotóxicos: presença diária nos alimentos consumidos. *Revista Semioses*, v 10, n.01, 2016.

LONDRES, Flavia. *Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida*. Rio de Janeiro: AS-PTA. Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, Rio de Janeiro: AS-PTA. Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011. 190 p.

MONTANHA, Francisco Pizzolato; PIMPÃO, Cláudia Turra. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes - Revisão. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n. 18, p.1-58, Semestral. Ano IX. jan. 2012.

MORAES, Lília Aparecida Salgado de; MARINHO-PRADO, Jeanne Scardini. Plantas com Atividade Inseticida. In VIEIRA, Bernardo de Almeida Halfeld *et al.* *Defensivos agrícolas naturais usos e perspectivas*. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

PEDLOWSKI, M. A.; CANELA, M. C.; TERRA, M. A. C.; FARIA, R. M. R. Modes of pesticides utilization by Brazilian smallholders and their implications for human health and the environment. *Crop Protection*, v. 31, n.1, p. 113–118, 2012.

PELAEZ, Victor; TERRA, Fábio Henrique Bittes; SILVA, Leticia Rodrigues da. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. *Revista de Economia*, v. 36, n. 1 (ano 34), p. 27-48, jan./abr. 2010. Editora UFPR.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 23, supl. 4, p. S612-S621, 2007.

QUEIROZ, Paulo Roberto, LIMA, K. C., OLIVEIRA, T. C. D., SANTOS, M. M. D., JACOB, J. F., OLIVEIRA, A. M. B. M. D.. Sistema de Informação de Agravos de Notificação e as intoxicações humanas por agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 22, 2019.

RIBEIRO, Flávia Samara; LUIZ, Amanda dos Santos, BONINI, Edicléia A., TANIMOTO, Sonia Tomie. *Utilização de agrotóxicos no Brasil: uma revisão sobre suas consequências toxicológicas e ambientais*. UNICESUMAR, VII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica 21 a 24 de outubro de 2014.

RIGOTTO, Raquel Maria; VASCONCELOS, Dayse Paixão e; ROCHA, Mayara Melo. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 7, p. 1360-1362, July 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000701360&lng=en&nrm=iso Acesso em: 12 mar. 2019.

- SANTOS, Mônica Alessandra Teixeira dos; AREAS, Miguel Arcanjo; REYES, Felix Guillermo. Piretróides - uma visão geral. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.
- SANTOS, Jullianne Crispiniano dos. *O uso do agrotóxico: o caso do cultivo de abacaxi no município de Sapé*. (Monografia) Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.
- SINDAG, 2010. Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. Disponível em: www.sindag.com.br/informativo/15/ Acesso em: ago. 2019.
- SILVA, Franciédna Maria da; COELHO, Débora Cristina; FERREIRA, Paloma Mara de Lima; SOUZA, Eldon Macio Lacerda de; AZEVEDO, Pollyana Bezerra de; ALMEIDA, Isidro Patricio de; MEDEIROS, Aline Carla de Medeiros; MARACAJÁ, Patricio Borges. Os riscos no uso indiscriminado de agrotóxicos: uma visão bibliográfica. *INTESA* (Pombal - PB - Brasil) v. 9, n. 1, p. 77-84, Jan. - Jun., 2015
- SOARES, Wagner; ALMEIDA, Renan Moritz V. R.; MORO, Sueli. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro , v. 19, n. 4, p. 1117-1127, 2003
- STOPPELLI, Illona Maria de Brito Sá; MAGALHAES, Cláudio Picanço. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. *Ciência e Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro , v. 10, supl. p. 91-100, 2005
- SAVI, Eduardo Pereira; SAKAE, Thiago Mamôru; CANDEMIL, Renan; SAKAE, Diana Yae; REMOR, Karina Valerim Teixeira. Sintomas associados à exposição aos agrotóxicos entre rizicultores em uma cidade no sul de Santa Catarina. *Arquivos Catarinenses de Medicina*, v. 39, n. 1, 2010
- SILVEIRA, Allan Valle Toledo; ANTONIOSI FILHO, Nelson Roberto. Proposta de alternativas para ingredientes ativos de agrotóxicos no mercado brasileiro. *Pesticidas. Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente*. Curitiba: v 23, p. 11-24. Jan. Dez 2013. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/34971/22021> Acesso em: mar 2018
- TAXVIG, Camilla *et al.* Endocrine-disrupting activities in vivo of the fungicides tebuconazole and epoxiconazole. *Toxicological Sciences*, v. 100, n. 2, p. 464-473, 2007.