

AGROTÓXICOS: uma breve reflexão para um problema complexo

PESTICIDES: a brief reflection to a complex problem

Carlos Alberto Mourão Júnior¹, Charles Adriano Duvoisin²

ORCID IDS

Mourão Júnior CA - <http://orcid.org/0000-0001-7199-5365>

Duvoisin CA - <http://orcid.org/0000-0002-8598-2597>

Resumo

A discussão sobre agrotóxicos afeta fortemente a sociedade, já que seu uso apresenta importantes argumentos a favor e contra seu uso. Além de sua importância social e sanitária, essa discussão toca diretamente o campo do direito, uma vez que os argumentos científicos sobre o uso de agrotóxicos devem servir de lastro para que se elaborem leis que regulamentem seu uso ou não uso. Para discutir essas questões, optamos por utilizar a metodologia de um ensaio teórico, que tem por objetivo dialogar com o leitor, sem a pretensão de chegar a conclusões, mas sim de fomentar a reflexão crítica sobre o tema.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Comportamento social. Regulamentação jurídica.

Abstract

The discussion about pesticides strongly affects society, since its use presents important arguments for and against its use. In addition to its social and sanitary importance, this discussion directly touches the field of law, since scientific arguments about the use of pesticides must serve as a basis for drafting laws that regulate their use or not. To discuss these issues, we chose to use the methodology of a theoretical essay, which aims to dialogue with the reader, without the intention of reaching conclusions, but rather to foster critical reflection on the topic.

Keywords: Pesticides. Social behavior. Legal regulation.

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora

² Universidade de Coimbra, Portugal

Autor Correspondente: camouraojr@gmail.com

INTRODUÇÃO

A discussão sobre os agrotóxicos perpassa o objeto de estudo das ciências biológicas, jurídicas e sociais. Nesse ensaio procuraremos, ponderar diversas dimensões e pontos de vista – às vezes opostas e conflitantes – sobre esse tema tão complexo.

O objetivo desse trabalho é dialogar com o leitor, procurando levantar os dois lados que perpassam a questão dos agrotóxicos. Para tanto, lançaremos mão de uma metodologia própria de escrita, qual seja, um ensaio teórico sobre o tema.

Como assinalam diversos autores e como já está preconizado na metodologia científica, um ensaio tem como objetivo levantar questões para a reflexão do leitor sobre um determinado tema, e essa reflexão, naturalmente, acaba por aprofundar o conhecimento sobre o tema em questão (Sanseverino, 2004; Noyama, 2009). Cabe ao autor suscitar temas, ideias, proposições e até hipóteses para que estas sirvam de ferramenta para o leitor, dialogando com o texto, formar, consolidar ou transformar seu ponto de vista, concordando com ou discordando das opiniões do autor. Por esse motivo, um ensaio não pretende esgotar um tema e nem tampouco as ideias expostas não precisam estar, todo o tempo, lastreadas em referências teóricas nem em referências bibliográficas (Meneghetti, 2011; Soares, Picolli *et al.*, 2018).

Entretanto, para melhor situar o leitor no contexto desse complexo tema que é a utilização de agrotóxicos, vamos iniciar fazendo uma pequena revisão narrativa, apresentando o estado da arte a respeito desse tema, com base em alguns artigos científicos atuais (todos publicados no ano de 2020) e publicados em revistas de prestígio reconhecido (todas indexadas no PubMed). Nos restringimos à busca de artigos de 2020 indexados no PubMed para que a revisão do estado da arte não ficasse demasiado extensa, porquanto nosso objetivo principal é a discussão do tema na forma de ensaio, que será feita na parte final. Então, após apresentarmos essa sucinta revisão, vamos partir para a discussão em si do tema, na forma de ensaio.

ESTADO DA ARTE: UMA BREVE REVISÃO NARRATIVA

O critério que utilizamos para a escolha dos artigos a seguir foi sua atualidade (todos do ano de 2020) bem como elencamos artigos que trazem múltiplos pontos de vista sobre o tema. O objetivo aqui é mostrar que o tema permanece muito atual e amplamente discutido na literatura científica contemporânea. A ideia dessa breve revisão é deixar bem marcadas a pluralidade e a complexidade que permeiam esse tema dos agrotóxicos. Ao final desse artigo, na discussão, apresentaremos nossas ideias em forma de ensaio, a fim de que o leitor possa refletir a respeito de várias questões que emergem do tema. Assim, essa revisão inicial (oriunda da literatura) não tem o compromisso de se articular necessariamente com a discussão (oriundo das reflexões dos autores, em forma de ensaio).

Andreo-Martinez *et al.* realizaram um trabalho teve como objetivo fornecer um estudo abrangente das informações de pesquisa disponíveis sobre resíduos de pesticidas no mel através da análise da literatura. Os avanços da pesquisa neste campo de pesquisa de 1948 a 2019 foram abordados usando o banco de dados Web of Science. Os resultados dos 685 artigos analisados indicaram que este campo de pesquisa está em foco de interesse atualmente (Índice de preços: 47,5%). A produção anual aumentou constantemente a partir de 2001, e autores, jornais e instituições seguiram a lei de Lotka. Os países mais produtivos foram, respectivamente, EUA e Espanha. Os principais focos de pesquisa desse campo, de acordo com a análise de palavras-chave, foram relacionados às técnicas cromatográficas para a determinação de pesticidas, tais como imidaclopride e neonicotinoides em mel e produtos derivados, como própolis e cera (Andreo-Martinez, Oliva *et al.*, 2020).

Dereumeaux *et al.* estudaram residentes que vivem perto de terras agrícolas e que, portanto, podem ser expostos a pesticidas por meios não ocupacionais, incluindo deriva de pulverização e volatilização de pesticidas além da área tratada. Essa revisão teve como objetivo identificar e analisar a literatura científica que mede a exposição a pesticidas em residentes que não são trabalhadores rurais e que moram

perto de terras agrícolas, visando a sugerir implicações práticas e necessidades para estudos futuros. Foi realizada uma revisão utilizando critérios de inclusão para identificar artigos originais de interesse publicados entre 2003 e 2018. Dos 29 artigos selecionados nesta revisão, 2 pertenceram ao mesmo estudo e foram agrupados, resultando em um total de 27 estudos. Sete estudos avaliaram a exposição a pesticidas usando amostras ambientais, 13 coletaram amostras biológicas e 7 analisaram as duas. Nove estudos incluíram um grupo de referência de residentes que vivem longe de terras agrícolas, enquanto 11 avaliaram a influência da estação de pulverização ou eventos de pulverização nas exposições a pesticidas. Os estudos incluídos nesta revisão forneceram evidências de que os moradores que viviam perto de terras agrícolas estavam expostos a níveis mais altos de pesticidas do que os residentes que viviam mais longe. Portanto, essa revisão destaca que as seguintes características do desenho do estudo podem ser mais apropriadas do que outras para medir a exposição à deriva de pulverização de pesticidas em residentes não-agricultores que vivem perto de terras agrícolas: inclusão de um grupo controle não-agrícola, coleta de informações biológicas e ambientais com amostragens repetidas, medições em diferentes períodos do ano, seleção de vários locais de estudo relacionados a um grupo de culturas específico e medições de pesticidas específicos para uso agrícola. No entanto, poucos estudos até o momento incorporam todas essas características. Logo, os autores asseveraram que estudos adicionais são necessários para medir, de forma abrangente as exposições não-ocupacionais a pesticidas nesse tipo de população, a fim de avaliar riscos à saúde e desenvolver estratégias de prevenção apropriadas (Dereumeaux, Fillol *et al.*, 2020).

Devault e Karolak ressaltaram que a epidemiologia baseada em águas residuais é uma abordagem inovadora para estimar o consumo intencional e não intencional de uma ampla gama de produtos químicos com base em ensaios de biomarcadores encontrados nessas águas residuais. Esse método pode fornecer informações objetivas em tempo real sobre os xenobióticos aos quais uma população é direta ou indiretamente exposta. Essa abordagem já foi usada para avaliar a exposição da população a quatro

classes de pesticidas: organoclorados (clordecona), triazinas, organofosforados e piretroides. A revisão conduzida pelos autores teve como objetivo obter os dados (taxas de excreção) e características (estabilidade de pesticidas e metabólitos, inclusive no esgoto) de outros pesticidas para ampliar o escopo desse novo método. As taxas de excreção e as descrições de estabilidade de 14 pesticidas, nomeadamente 2,4-D, aldrina, carbaril, clorobenzilato, dieldrin, diquat, etião, glufosinato, glifosato, folpet, malatião, paration, penconazol e tebuconazol, foram então discutidas em uma estrutura prática, mostrando que já estão disponíveis maneiras objetivas de mensurar o consumo de agrotóxicos (Devault e Karolak, 2020).

Segundo Dias *et al.* a intensificação do uso da terra com alta demanda por pesticidas é uma consequência do aumento da população humana. Alternativas viáveis para a correta descarga de resíduos concentrados são necessárias para evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Os biobeds são biorreatores *in situ* para o tratamento de resíduos de pesticidas, utilizados por vários países europeus e americanos devido ao seu baixo custo e construção simples, cuja eficiência foi comprovada cientificamente por mais de 20 anos. Os autores apresentaram o estado da arte dos biobeds na América Latina, identificando avanços e necessidades futuras de pesquisa. Fatores que afetam a eficiência dos leitos biológicos foram identificados, tais como temperatura ideal, umidade e comunidades microbianas, seguidos de métodos para avaliar a eficiência do biorreator. Foi necessário adaptar essa tecnologia às condições climáticas e econômicas dos países da América Latina, devido às suas origens europeias. A Guatemala é o país latino-americano que usa os biobeds como tecnologia oficial. Brasil, Argentina, Costa Rica e Chile são exemplos de países que estão investigando ativamente novos substratos e buscando aspectos legais para o estabelecimento dos biobeds. Evidências científicas robustas podem permitir que os agricultores comecem a usar essa tecnologia, que é um sistema ambientalmente seguro para proteger os recursos hídricos (Dias, Gebler *et al.*, 2020).

Farkhondeh *et al.* mostraram em seu estudo que os pesticidas organofosforados (POs) são amplamente utilizados no controle de pragas em todo o mundo.

Os efeitos inibitórios desses pesticidas sobre a acetilcolinesterase levam a danos neurotóxicos. O estresse oxidativo é responsável por várias doenças neurológicas, incluindo a doença de Parkinson, convulsões, depressão e doença de Alzheimer. Fortes evidências sugerem que a disfunção das mitocôndrias e o estresse oxidativo estão envolvidos em doenças neurológicas. Organofosforados podem perturbar a função das mitocôndrias ao induzir estresse oxidativo nessas organelas citoplasmáticas. Os autores procuraram destacar o papel da disfunção das mitocôndrias e a indução do estresse oxidativo na neurotoxicidade induzida pelos POs. Além disso, a melhoria do dano oxidativo e da disfunção mitocondrial induzidos por POs, por meio de antioxidantes químicos e naturais foi levantada como uma possível tentativa futura para mitigar os efeitos comprovadamente maléficos dos POs (Farkhondeh, Mehrpour *et al.*, 2020).

He et al. postularam que os pesticidas se tornaram uma ferramenta essencial para matar pragas, controlar ervas daninhas e inibir microbiomas para uso agrícola e doméstico. No entanto, com o uso massivo, os pesticidas podem se perpetuar no solo, no ar e na água e, às vezes, acumular-se no ser humano ou em outros mamíferos por meio de cadeias alimentares. Muitas pesquisas comprovaram que os pesticidas possuem toxicidade para mamíferos nos sistemas endócrino, neural e imunológico. A autofagia, como um processo intracelular conservador, que é ativado por sinais relacionados ao estresse, desempenha um papel fundamental, na regulação do destino e da função celular. Evidências recentes em pesquisas elucidaram uma forte ligação entre a autofagia e a toxicidade de pesticidas. Nesta revisão, os autores mostraram a importância na regulação da autofagia na toxicidade induzida por pesticidas, evidenciando a necessidade de se tentar descobrir uma estratégia potencial para o tratamento das doenças causadas por pesticidas (He, Wang *et al.*, 2020).

Kuang et al., em uma revisão tiveram como objetivo fornecer uma visão geral dos estudos sobre resíduos de pesticidas no leite materno na China e os riscos à saúde relacionados à mãe e aos bebês. Os resultados mostraram que as investigações sobre o leite materno cobriram 22 regiões administrativas provinciais da China. Pequim e algumas áreas densa-

mente povoadas e economicamente desenvolvidas têm a maioria das publicações. Os níveis mais altos de resíduos no leite materno foram encontrados na década de 1980 (aproximadamente 10.000 ng/g de lipídio), depois experimentaram uma queda acentuada na década de 1990 (aproximadamente 1.000 a 2.000 ng/g de lipídio). Nos anos 2000 e 2010, os resíduos ainda mostraram uma tendência decrescente. Especialmente, as pessoas localizadas na área urbana, nas áreas costeiras e no sul da China tenderam a ter resíduos de pesticidas mais altos quando comparadas à área rural, interior e norte da China, respectivamente. Outros fatores como hábitos alimentares, ambiente de vida, idade materna, paridade, índice de massa corporal, período de lactação, características da menstruação, assim como ingestão hormonal de medicamentos e tratamento da infertilidade também afetaram os resíduos de pesticidas no leite materno do povo chinês. De acordo com a ingestão diária estimada (EDI) de leite materno, o risco médio de saúde para bebês geralmente excedia o nível aceitável antes de 2006, enquanto, a partir daí, a maioria dos valores de EDI ficava dentro do padrão. A carga corporal de pesticidas na mãe também pode ser avaliada usando os dados de resíduos no leite materno, mas não havia diretrizes relevantes disponíveis. Outras lacunas de conhecimento incluíram: para algumas províncias com grande consumo de pesticidas ou localizadas em áreas remotas e de planalto, havia poucos/nenhum estudo disponível; os estudos atuais sobre resíduos de pesticidas no leite materno na China foram focados apenas em pesticidas organoclorados. Ainda segundo os autores, pesquisas sobre pesticidas usados atualmente (como piretroides, organofosforados, carbamato) serão necessárias no futuro (Kuang, Hou *et al.*, 2020).

Uma revisão conduzida por Leong et al. integrou as informações relevantes relacionadas às aplicações de pesticidas em produtos alimentícios e abrangeu três seções principais. A primeira seção abrangeu algumas das diretrizes que foram implementadas no gerenciamento da aplicação de pesticidas em todo o mundo, como o estabelecimento de um valor chamado Nível Máximo de Resíduos através da aplicação de diretrizes de um documento (Boas Práticas Agrícolas) nas atividades agrícolas diárias. Uma breve visão geral dos métodos adotados na quantificação

desses resíduos vestigiais em diferentes amostras de alimentos também foi abordada. Resumidamente, a análise de pesticidas geralmente foi realizada em duas etapas: preparação da amostra e instrumentação analítica. Alguns dos métodos de preparação, como o método de preparo de amostra denominado QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe), proposto em 2003, ainda permanecem como a técnica de escolha para a maioria dos cientistas analíticos. Em termos de instrumentação, como a cromatografia gasosa-espectrofotometria de massa e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), ainda são amplamente utilizadas, apesar de novas invenções que são mais sustentáveis e eficientes, como a eletroforese capilar. Finalmente, a terceira seção enfatizou como os pesticidas poderiam afetar significativamente nossa saúde, considerando que diferentes tipos de pesticidas resultam em implicações adversas à saúde, apesar de seus benefícios de aplicação na agricultura no controle de pragas. Até o momento, há análises limitadas sobre o uso de pesticidas em muitas nações agrícolas. Para os fins desta revisão, a Malásia foi selecionada para ilustrar melhor os regulamentos de pesticidas e a implementação de políticas. Por fim, a revisão forneceu uma visão sobre como a implementação das Boas Práticas Agrícolas e da garantia de segurança alimentar estão interrelacionadas e concluiu que essa correlação estabelecida visando a identificar medidas adicionais de aprimoramento é fundamental para permitir o reforço de práticas agrícolas otimizadas e mais seguras (Leong, Teh *et al.*, 2020).

Segundo Olisah *et al.* o uso generalizado de pesticidas organoclorados (POCs), essencialmente para o controle de insetos e o cultivo de alimentos, levou à poluição dos ecossistemas. Apesar de ter sido banido há vários anos no mundo desenvolvido, o uso extensivo continua em andamento no continente africano. Esta revisão resume a ocorrência, distribuições, fontes e tendências dos POCs em sete matrizes ambientais (atmosfera, água, sedimentos, solos, biota, fluidos humanos e produtos alimentícios) na África. Os achados nesta revisão revelaram que alfa-HCH, beta-HCH diclorodifeniltricloroetano (DDTs) e endossulfanos foram os resíduos de POC mais persistentes no ambiente africano, particularmente DDTs em amostras de leite materno ocorrendo em níveis aci-

ma dos limites estipulados pela OMS, indicando uma chamada por preocupação. Além disso, havia escassez de dados disponíveis sobre as concentrações de POC no ar ambiente. Os esforços futuros de pesquisa devem priorizar o teste desses poluentes na atmosfera, especialmente nos países em que são usados com mais frequência. Embora a maioria dos estudos de análise de pesticidas tenha utilizado cromatografia gasosa acoplada a detector de captura de elétrons ou espectrômetro de massa, recomenda-se que novos estudos usem técnicas analíticas mais sensíveis, como cromatografia gasosa com espectrometria de massa tandem ou cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa de alta resolução. Esses instrumentos permitiriam a detecção de metabólitos secundários e terciários, especialmente os encontrados em água, biota e produtos alimentícios, vetores críticos de POCs para corpos humanos e animais. Os autores também propõem o treinamento de agricultores e outros usuários domésticos no manuseio de pesticidas (Olisah, Okoh *et al.*, 2020).

De acordo com Prosser *et al.* um número relativamente grande de estudos investigou a eficácia das faixas de proteção vegetativa na redução do movimento de pesticidas e nutrientes dos campos agrícolas. Esta revisão descreveu a influência observada de diferentes fatores (por exemplo, largura do tampão, declive, intensidade do escoamento superficial, composição do solo, comunidade de plantas) que poderiam influenciar a eficácia de tampões com vegetação na retenção de pesticidas e nutrientes. A eficácia relatada dos tampões com vegetação que reduzem o movimento de pesticidas e nutrientes variou de 10 a 100% e 12 a 100%, respectivamente. A largura do buffer é o fator mais frequentemente considerado por várias jurisdições ao fazer recomendações sobre a implementação da faixa de buffer com vegetação. No entanto, a literatura ilustra claramente que há uma grande variação na redução de pesticidas ou nutrientes para uma dada largura de buffer. Isso indica que outros fatores desempenham um papel importante na eficácia do buffer (por exemplo, razão da área de origem para a área do buffer, composição e estrutura do solo, intensidade do escoamento superficial, estrutura da comunidade da planta), além da largura da área do buffer vegetativo. Esses fatores precisam ser considerados ao fazer recomendações

sobre a construção de faixas de proteção vegetativa nos agroecossistemas. Esta revisão também salientou que, certamente, deve haver várias outras lacunas no entendimento da eficácia dos tampões com vegetação na redução do movimento de pesticidas e nutrientes das áreas de aplicação (Prosser, Hoekstra *et al.*, 2020).

Em sua revisão, Rodriguez *et al.* argumentaram que os pesticidas são moléculas xenobióticas necessárias para controlar pragas na agricultura, no lar e na indústria. No entanto, a água e o solo podem ficar contaminados como consequência de seu uso extensivo. Portanto, devido às suas características ecológicas e eficiência, a biorremediação de locais contaminados é uma ferramenta poderosa com vantagens sobre outros tipos de tratamentos. Para uma biorremediação eficiente de pesticidas, é necessário levar em consideração diferentes aspectos relacionados ao metabolismo e à fisiologia microbiana. Nesse sentido, os estudos como genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica, são essenciais para gerar informações relevantes sobre os genes e proteínas envolvidos na degradação de agrotóxicos, os metabólitos gerados pela degradação de pesticidas microbianos e as estratégias celulares para combater o estresse causado por exposição a pesticidas. Pesticidas como organoclorados e organofosforados são os mais comumente estudados. Até o momento, muitos genomas de microrganismos capazes de degradar pesticidas foram publicados, principalmente cepas bacterianas dos gêneros Burkholderia, Pseudomonas e Rhodococcus. Após os relatórios genômicos, os estudos transcriptômicos, utilizando microdiálise e mais recente tecnologia de sequenciamento de última geração na degradação microbiana de pesticidas são os mais numerosos. Esta revisão teve como objetivo descrever uma breve visão geral dos mecanismos de biodegradação de pesticidas, novas ferramentas para estudar microrganismos em ambientes naturais, conceitos básicos das abordagens modernas, bem como avanços nas metodologias associadas à análise dessas ferramentas. Além disso, os relatórios mais recentes sobre genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica durante a degradação de pesticidas também são discutidos. Nesse sentido, os autores ressaltam a necessidade do uso de tecnologias ultramodernas para se conhe-

cer melhor o assunto (Rodriguez, Castrejon-Godinez *et al.*, 2020).

Sapbamrer *et al.* ressaltaram que um entendimento baseado em evidências dos fatores que influenciam o uso de EPIs (equipamentos de proteção individual) e as práticas de segurança de pesticidas tem o benefício de facilitar o projeto de intervenções para minimizar a exposição a pesticidas e promover a utilização de EPIs e práticas de segurança entre os manipuladores agrícolas. O objetivo deste estudo, portanto, foi revisar a literatura disponível sobre o uso de EPIs em manipuladores de pesticidas agrícolas em regiões do mundo e também os fatores associados ao uso de EPIs e práticas de segurança de pesticidas em agricultores e trabalhadores rurais. Artigos de texto completo publicados nas bases de dados PubMed, Scopus e ISI entre 1999 e 2019 foram revisados e as evidências científicas avaliadas. Cento e vinte e um artigos foram elegíveis para inclusão nesta síntese quantitativa: 110 avaliaram o uso de EPIs em manipuladores de pesticidas agrícolas e 23 focaram em fatores que afetam o uso de EPIs e as práticas de segurança de pesticidas. Foram encontradas evidências consideráveis para mostrar que os EPIs básicos mais usados entre os manipuladores de pesticidas em todas as regiões do mundo era uma camisa de manga longa (66,1%), calça de manga longa (71,1%) e um chapéu (47,3%). Os EPIs básicos menos usados foram avental (8,6%), óculos de proteção (24,3%), luvas (40,5%), botas (42,3%) e máscara (43,2%). O EPI usado (exceto um avental) foi proporcionalmente mais alto nos agricultores do que nos trabalhadores. Há evidências consideráveis para sugerir que os determinantes significativos associados ao uso de EPIs e às práticas de segurança de pesticidas são os seguintes: (1) fatores demográficos (isto é, nível de educação/alfabetização, experiência de doença, renda); (2) fatores de estrutura da fazenda (ou seja, tamanho da fazenda); (3) fatores comportamentais e psicossociais (isto é, contato com pesticidas, percepções, atitudes, consciência, normas e crenças); e (4) fatores ambientais (ou seja, informações sobre pesticidas, acesso a serviços de extensão, programa de treinamento e organização agrícola). Portanto, existe uma necessidade reconhecível de um programa de educação com treinamento ao longo da vida para mudar a percepção e o comportamento dos manipuladores

de pesticidas de maneira sustentável (Sapbamrer e Thammachai, 2020).

Singh et al. ressaltaram que como o mundo está se esforçando arduamente em direção a práticas agrícolas sustentáveis para um amanhã melhor, um dos principais focos é o manejo eficaz de pragas para aumentar a produtividade das culturas. Apesar de produtos químicos novos e potentes como pesticidas, ainda existem perdas substanciais nas culturas e, se por qualquer meio, essa perda puder ser combatida, aliviará o uso excessivo indesejado de pesticidas químicos. Pesquisas científicas já estabeleceram que os pesticidas não estão sendo utilizados completamente pelas culturas, e uma quantidade significativa permanece sem uso, devido a vários fatores limitantes, como lixiviação e bioconversão etc., resultando em um efeito adverso na saúde humana e nos ecossistemas. Esforços concentrados da diáspora científica em direção a estratégias mais novas e inovadoras já estão se mostrando promissores, e uma dessas abordagens viáveis são os sistemas de liberação controlada de pesticidas. Além disso, ainda está em debate trazer essas formulações inteligentes para o domínio da atual estrutura regulatória de agrotóxicos. É, portanto, fundamental discutir os prós e contras dessa nova tecnologia em relação aos métodos agrários convencionais. Esta revisão estimula as atualizações de desenvolvimento nesse campo inovador das últimas décadas e também reconhece os desafios a serem transpostos (custos, treinamento etc.). Além disso, os autores destacam que ainda há lacunas de pesquisa nessa área emergente (Singh, Dhiman *et al.*, 2020).

Segundo Sogaard et al. o desenvolvimento de novos biocidas dominou as respostas humanas à evolução da resistência a antibióticos e pesticidas. O uso crescente e uniforme de biocidas, a disseminação de genes de resistência e a falta de novas classes de compostos indicam a importância de navegar em direção a dinâmicas coevolucionárias mais sustentáveis entre a cultura humana e as espécies que desenvolvem resistência. Para analisar esse desafio, os autores introduziram o conceito de governança coevolucionária e propuseram três prioridades para sua implementação: (1) novas normas e modelos mentais para diminuir o uso, (2) diversificar práticas para reduzir

a seleção direcional e (3) investir em ações coletivas nas instituições para governar a conectividade. Os autores indicam a necessidade da disponibilidade de soluções que facilitam um desenvolvimento sustentável mais amplo, sugerindo, para mitigar a resistência a antibióticos medidas como melhor saneamento e higiene, fortalecimento dos sistemas de saúde e menor consumo de carne (Sogaard Jorgensen, Folke *et al.*, 2020).

Sobre uma possível relação entre câncer e agrotóxicos, Stanganelli et al. argumentam que a incidência de melanoma cutâneo (MC), a forma mais mortal de câncer de pele, aumentou gradualmente nas últimas décadas entre populações de origem europeia. Estudos epidemiológicos sugeriram que agricultores e trabalhadores agrícolas correm um risco aumentado de MC porque foram expostos a pesticidas. No entanto, pouco se sabe sobre a relação entre pesticidas e MC. Então, esta revisão investigou a associação entre exposição a pesticidas e MC, revisando sistematicamente a literatura. O objetivo secundário foi determinar as categorias de pesticidas envolvidos principalmente no desenvolvimento do MC. Uma revisão sistemática da literatura foi realizada até setembro de 2018 usando Medline, Embase e Web of Science. Estudos avaliando o risco de MC em aplicadores de pesticidas licenciados foram considerados. Critérios rígidos foram estabelecidos para selecionar estudos independentes e estimativas de risco; modelos de efeito aleatório, considerando a heterogeneidade, foram aplicados. Uma estimativa de risco combinada para MC foi calculada para o uso de cada tipo de pesticida e tipo de exposição. A heterogeneidade entre os estudos e a estimativa foi avaliada e o viés de publicação investigado. Foram incluídos nove estudos (dois casos-controles e sete coortes), compreendendo 184.389 indivíduos únicos. O resumo dos riscos relativos para as categorias 'herbicidas - sempre exposição', 'inseticidas - sempre exposição', 'qualquer pesticida - sempre exposição' e 'qualquer pesticida - alta exposição' resultou em 1,85 [intervalo de confiança de 95% (IC): 1,01 a 3,36], 1,57 (IC 95%: 0,58 a 4,25), 1,31 (IC 95%: 0,85 a 2,04) e 2,17 (IC 95%: 0,45 a 10,36), respectivamente. Herbicidas e inseticidas não apresentaram heterogeneidade entre os estudos, enquanto uma heterogeneidade significativa foi detectada pela alta exposição a qualquer

pesticida. Nenhuma indicação para viés de publicação foi encontrada. O estudo concluiu que indivíduos expostos a herbicidas têm um risco aumentado de melanoma cutâneo, não obstante os autores reconheçam que futuros estudos observacionais adequadamente projetados são necessários para confirmar esse achado (Stanganelli, De Felici *et al.*, 2020).

Uma revisão feita por Wu *et al.* estudou o fato de que gafanhotos são graves pragas de arroz na Ásia e que seu ressurgimento populacional foi relatado pela primeira vez no início dos anos 1960, causado principalmente por inseticidas que mataram indiscriminadamente artrópodes benéficos e pragas-alvo. O ressurgimento subsequente envolveu dois mecanismos: a perda de insetos benéficos e a reprodução aprimorada de insetos. Nesta revisão, os autores identificaram duas formas de ressurgimento, aguda e crônica. O ressurgimento agudo é causado por inseticidas tradicionais com rápido ressurgimento na geração F1. O ressurgimento crônico segue a aplicação de pesticidas modernos, incluindo fungicidas e herbicidas, com baixa toxicidade natural do inimigo, juntamente com a reprodução estimulada de plantas. A síndrome de mudanças provocada por produtos químicos leva a um ressurgimento posterior nas gerações F2 ou posteriores. Os autores concluem que o ressurgimento crônico de gafanhotos apresenta novas ameaças à produção global de arroz (Wu, Ge *et al.*, 2020).

Essa breve revisão (estado da arte) não teve a pretensão de permitir qualquer conclusão, ao contrário, ela objetivou apresentar a complexidade e o caráter multifatorial da questão. A ora, na discussão, colocaremos, em forma de ensaio, algumas reflexões que permitirão ao leitor tirar suas conclusões ou elaborar suas próprias reflexões.

DISCUSSÃO

Antes de iniciarmos a discussão, devemos mencionar que a revisão de literatura feita no início desse texto não se conecta, necessariamente, com a discussão que ora iniciaremos, porquanto a revisão inicial foi tão somente para situar o que a literatura vem dizendo sobre o tema. Já nesta discussão, o objetivo é apresentar o ensaio propriamente dito, ou seja, uma reflexão dos autores a ser compartilhada com

o leitor, visando a ajudar a formar uma visão crítica sobre o tema, sem a pretensão de oferecer soluções ao impasse que é imanente a essa questão.

Muitos historiadores consideram que o evento crucial que determinou a transição do feudalismo para o capitalismo no século XIV tenha sido tão somente uma questão numérica. O número de pessoas começou a crescer muito, e a produção artesanal dos feudos já não dava mais conta de produzir roupas, móveis etc. para atender a todos. Daí surgiram pessoas especializadas em produzir determinados bens e surgiram as trocas, o comércio e, aos poucos, o modo de produção capitalista foi se instalando em escala progressiva (Huberman, 1986).

Parece que o surgimento dos agrotóxicos seguiu essa mesma lógica. No início, a agricultura familiar de subsistência dava conta de suprir a necessidade alimentar de todos. Porém, com o crescimento populacional – que só faz aumentar a cada dia que passa – foi necessário modificar os ecossistemas e criar monoculturas de plantio de diversos alimentos para dar conta da demanda. Surgiram então latifúndios com plantações de trigo, soja, milho etc.

Acontece que, sempre que se mexe em ecossistemas naturais, logo em seguida vem um preço (alto) a se pagar. Com as monoculturas, diversas espécies – bactérias, fungos, ácaros, insetos, aves, roedores e também plantas parasitas (ervas daninhas) – começaram a crescer desordenadamente em virtude da farta oferta de alimentos produzidas pelas monoculturas. Porém essas espécies se tornaram um sério problema para a produção de alimentos para nós humanos, por uma simples razão: elas comiam os alimentos que nós estávamos plantando para o nosso consumo.

Diante dessa situação calamitosa, para não morrermos de fome, só nos restou uma saída, qual seja, tentar controlar essas “pragas” que poderiam destruir nossas lavouras e nos levar à inanição. É aí, nesse momento e nesse contexto, que os famosos agrotóxicos entram em cena. Eles nascem da necessidade humana de aumentar a produtividade agrícola para poder se alimentar e continuar a existir em nosso planeta (Vital, 2017).

Entretanto, os agrotóxicos, também conhecidos por outros nomes – mais ou menos ostensivos – tais como defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, biocidas, agroquímicos, fitofarmacêuticos ou (mais eufemisticamente) fitossanitários, como todo produto químico, podem ir rapidamente de remédio a veneno, dependendo da dose e da forma pela qual são utilizados (Souza e Belaidi, 2016). Com efeito, se esses produtos são feitos para matar (pragas, ervas daninhas etc.), naturalmente eles têm potencial de produzir alterações graves no solo e no lençol freático (portanto, no meio ambiente) e podem também causar agravos à nossa saúde. Afinal, também somos seres vivos, constituídos por células, assim como as pragas da lavoura e as ervas daninhas (Peres e Moreira, 2003).

Aliás, cabe aqui um parêntese: em verdade, só podemos chamar os insetos, aves, fungos etc. de pragas porque eles atrapalham a produção do alimento que está sendo plantado para nos alimentar, embora, do ponto de vista da dinâmica da natureza, eles não sejam pragas, eles são tão somente seres que estão se alimentando e se reproduzindo em função da fartura do ambiente onde estão inseridos (esse ambiente são as monoculturas criadas, artificialmente, por nós). O mesmo raciocínio se aplica às ervas daninhas. Para a natureza elas não são daninhas, são somente plantas que crescem junto com as culturas que estamos plantando. Elas são daninhas a partir do nosso ponto de vista, já que competem e reduzem o crescimento das culturas que nos interessam que cresçam para nos alimentar. Ou seja, aqui também, tudo é uma questão de ponto de vista.

Por falar em ponto de vista, existe atualmente um forte embate ideológico. De um lado estão os ambientalistas, que entendem que agrotóxicos são o maior dos males, por seu potencial de causar danos ao meio ambiente, a várias espécies animais, aos ecossistemas e à saúde humana. De outro lado os capitalistas, rentistas e latifundiários, que entendem que agrotóxicos são a mais pura expressão do bem, já que aumentam (e muito) a produtividade, e, portanto, maximizam lucros. Como sempre, dois lados, dois pontos de vista (Cassal, De Azevedo *et al.*, 2014; Lopes e Albuquerque, 2018). Uma polaridade, um maniqueísmo, uma ambivalência que só faz prejudicar o debate de um assunto tão sério.

De fato, ambos os grupos têm fortes interesses e se fazem representar no Congresso Nacional. A dita bancada ruralista faz de tudo para difundir mais e mais o uso de agrotóxicos. Já os ambientalistas fazem pressão para proibir o uso de agrotóxicos. Porém, o interesse por lucros está em toda parte, porquanto entre os ambientalistas há aqueles que só querem, através da proibição de agrotóxicos, lucrar com o crescimento da indústria dos orgânicos – que são atualmente uma bela fatia de mercado, pois representam um segmento de negócios que atende a um nicho rico e abastado da população. Afinal, quem sente fome quer o alimento, seja ele orgânico ou mergulhado em agrotóxicos.

Esse incendiado debate, sobre prós e contras dos agrotóxicos existe em todo o mundo, mas no Brasil o impacto desse impasse é bem mais sério e grave (Carneiro, Rigotto *et al.*, 2017). Isso porque o Brasil é um gigantesco latifúndio. Infelizmente, ao longo de nossa história nenhum governo investiu seriamente no potencial intelectual do Brasil. Assim, nos tornamos, dentro do panorama econômico mundial, um mero exportador de commodities. Lamentavelmente não somos um país amplamente industrializado e nem tampouco exportamos tecnologia. O agronegócio é o grande motor de nossa economia (Nasralla Neto, Lacaz *et al.*, 2014). O que temos para oferecer para o mundo é aquilo que a natureza nos deu: nossos recursos naturais. Somos, portanto, um país que vive da agropecuária e da mineração – as atividades mais primitivas da humanidade. Ocorre que essas atividades podem gerar muito dinheiro, mas também cobram um alto preço em impacto ambiental. Por isso, aqui no Brasil o debate sobre agrotóxicos é mais quente que em outros lugares do globo (Rigotto, Vasconcelos *et al.*, 2014).

Mas, qual tem sido o papel da ciência nesse acalorado debate? Pode a ciência lançar alguma luz nesse impasse tão ofuscado por ideologias? Infelizmente tanto as estatísticas quanto os argumentos lógicos se quedam ao sabor do viés ideológico. No caso específico dos agrotóxicos, o que complica a situação é o fato de que, nas ciências da saúde, é praticamente impossível demonstrar de maneira inexorável um nexo de causalidade entre dois eventos. Não é possível afirmar que o consumo de agrotóxicos causa cân-

cer ou doenças degenerativas, porque essas doenças podem surgir (ou não) muitos anos após a exposição ao suposto risco. Como são doenças cuja causa é multifatorial, não dá para afirmar que alguém que apresenta câncer de pâncreas hoje apresentou a doença porque comeu uma maçã contaminada com agrotóxicos há 22 anos atrás. Também não dá para afirmar que os agrotóxicos de 22 anos atrás não tenham tido nenhuma influência no aparecimento do câncer. O máximo que a estatística consegue é medir usando a probabilidade – sujeita às margens de erro – de um evento estar associado ou correlacionado com outro. Mas isso absolutamente não pressupõe uma relação de causa e efeito entre esses eventos.

Nesse oceano de dúvidas, estimativas e probabilidades, os argumentos diametralmente opostos ganham voz. De um lado, os ambientalistas dizem: há inúmeras provas estatísticas de que o uso de agrotóxicos aumenta, e muito, o risco de doenças. Por outro lado, os latifundiários dizem: até hoje ninguém prova que um único caso de doença foi causado unicamente pelo uso de defensivos agrícolas. E é aí que está o problema – os dois estão certos no que dizem. Enquanto uns falam em riscos e estatísticas (que são pistas, mas não são provas), ou outros dizem que não há provas (e, de fato, não há, porquanto a ciência só trabalha com pistas).

Como a ciência não resolve (e nem poderia resolver) esse impasse, deve imperar o bom senso. E o bom senso diz que o uso de qualquer substância cujo efeito não seja totalmente conhecido, deve ser na menor dose possível e pelo menor tempo possível. Mas, qual é a menor dose possível? E qual é o menor tempo possível? Essas perguntas, infelizmente, não têm uma resposta simples.

Um argumento, que parece sensato, diz que talvez o maior problema nem seja o uso de agrotóxicos, mas sim seu mau uso. Existe farta legislação no Brasil que regula os cuidados que devem ser tomados ao manipular agrotóxicos, porém essas leis nem sempre são cumpridas, nem fiscalizadas e nem sempre há punição dura para as transgressões. Então o problema, como dissemos, pode ser não o uso dos agrotóxicos, mas sim o uso incorreto dos mesmos, assim como se usam muitas coisas no Brasil sem a estrita observância às normas de segurança preconizadas pela legislação. Os agrotóxicos, assim como os medicamentos, têm uma bula e as instruções de uso, que nem sempre são seguidas. O uso de EPIs (equipamentos de proteção individual) também é fundamental para quem os manipula, mas no Brasil o uso de EPIs, em geral, está muito aquém do recomendado e do necessário.

Portanto, diante de tantas dúvidas e incertezas, uma coisa é certa: se conseguirmos, de alguma maneira, manter a eficácia dos defensivos agrícolas, reduzindo sua toxicidade, todos sairão ganhando. Se os agrotóxicos são necessários para que haja alimentos para todos, o que devemos fazer é buscar desenvolver tecnologias capazes de mitigar seus efeitos tóxicos para os humanos e para o meio ambiente, mantendo seus efeitos tóxicos para as “pragas” que ameaçam nossa agricultura. Ou seja, precisamos desenvolver métodos de tornar os agrotóxicos mais tóxicos para uns e menos tóxicos para outros.

Concluimos esse ensaio, mas não podemos apresentar uma conclusão ou fechamento definitivo sobre essa questão. Nosso objetivo foi justamente apresentar argumentos plurais e, muitas vezes, antagônicos, a fim de que cada um possa ter elementos para refletir e chegar às suas próprias conclusões, ainda que temporárias.

REFERÊNCIAS

- ANDREO-MARTINEZ, P.; OLIVA, J.; GIMENEZ-CASTILLO, J. J.; MOTAS, M.; QUESADA-MEDINA, J.; CAMARA, M. A. Science production of pesticide residues in honey research: A descriptive bibliometric study. **Environ Toxicol Pharmacol**, p. 103413, May 19 2020.
- CARNEIRO, F.; RIGOTTO, R.; AUGUSTO, L.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. **Dossiê ABRASCO 2015: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2017.
- CASSAL, V. B.; DE AZEVEDO, L. F.; FERREIRA, R. P.; DA SILVA, D. G.; SIMÃO, R. S. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 437-445, 2014.
- DEREUMEAUX, C.; FILLLOL, C.; QUENEL, P.; DENYS, S. Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review. **Environ Int**, v. 134, p. 105210, Jan 2020.
- DEVAULT, D. A.; KAROLAK, S. Wastewater-based epidemiology approach to assess population exposure to pesticides: a review of a pesticide pharmacokinetic dataset. **Environ Sci Pollut Res Int**, v. 27, n. 5, p. 4695-4702, Feb 2020.
- DIAS, L. A.; GEBLER, L.; NIEMEYER, J. C.; ITAKO, A. T. Destination of pesticide residues on biobeds: State of the art and future perspectives in Latin America. **Chemosphere**, v. 248, p. 126038, Jun 2020.
- FARKHONDEH, T.; MEHRPOUR, O.; FOROUZANFAR, F.; ROSHANRAVAN, B.; SAMARGHANDIAN, S. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction in organophosphate pesticide-induced neurotoxicity and its amelioration: a review. **Environ Sci Pollut Res Int**, May 1 2020.
- HE, B.; WANG, X.; YANG, C.; ZHU, J.; JIN, Y.; FU, Z. The regulation of autophagy in the pesticide-induced toxicity: Angel or demon? **Chemosphere**, v. 242, p. 125138, Mar 2020.
- HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. Rio de Janeiro: LTC, 1986.
- KUANG, L.; HOU, Y.; HUANG, F.; HONG, H.; SUN, H.; DENG, W.; LIN, H. Pesticide residues in breast milk and the associated risk assessment: A review focused on China. **Sci Total Environ**, v. 727, p. 138412, Apr 13 2020.
- LEONG, W. H.; TEH, S. Y.; HOSSAIN, M. M.; NADARAJAW, T.; ZABIDI-HUSSIN, Z.; CHIN, S. Y.; LAI, K. S.; LIM, S. E. Application, monitoring and adverse effects in pesticide use: The importance of reinforcement of Good Agricultural Practices (GAPs). **J Environ Manage**, v. 260, p. 109987, Apr 15 2020.
- LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. D. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.
- MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico? **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, p. 320-332, 2011.
- NASRALA NETO, E.; LACAZ, F. A. D. C.; PIGNATI, W. A. Vigilância em saúde e agronegócio: os impactos dos agrotóxicos na saúde e no ambiente. Perigo à vista! **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 4709-4718, 2014.
- NOYAMA, S. Adorno e o “ensaio como forma”. **Revista Itaca**, v. 14, p. 135-147, 2009.
- OLISAH, C.; OKOH, O. O.; OKOH, A. I. Occurrence of organochlorine pesticide residues in biological and environmental matrices in Africa: A two-decade review. **Heliyon**, v. 6, n. 3, p. e03518, 2020.
- PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.
- PROSSER, R. S.; HOEKSTRA, P. F.; GENE, S.; TRUMAN, C.; WHITE, M.; HANSON, M. L. A review of the effectiveness of vegetated buffers to mitigate pesticide and nutrient transport into surface waters from agricultural areas. **J Environ Manage**, v. 261, p. 110210, May 1 2020.
- RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 1360-1362, 2014.
- RODRIGUEZ, A.; CASTREJON-GODINEZ, M. L.; SALAZAR-BUSTAMANTE, E.; GAMA-MARTINEZ, Y.; SANCHEZ-SALINAS, E.; MUSSALI-GALANTE, P.; TOVAR-SANCHEZ, E.; ORTIZ-HERNANDEZ, M. L. Omics Approaches to Pesticide Biodegradation. **Curr Microbiol**, v. 77, n. 4, p. 545-563, Apr 2020.
- SANSEVERINO, A. M. V. Pequenas notas sobre a escrita do ensaio. **História Unisinos**, v. 8, n. 10, p. 97-106, 2004.

SAPBAMRER, R.; THAMMACHAI, A. Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. **Environ Res**, v. 185, p. 109444, Jun 2020.

SINGH, A.; DHIMAN, N.; KAR, A. K.; SINGH, D.; PUROHIT, M. P.; GHOSH, D.; PATNAIK, S. Advances in controlled release pesticide formulations: Prospects to safer integrated pest management and sustainable agriculture. **J Hazard Mater**, v. 385, p. 121525, Mar 5 2020.

SOARES, S. V.; PICOLLI, I. R. A.; CASAGRANDE, J. L. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. **Administração: ensino e pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 308-339, 2018.

SOGAARD JORGENSEN, P.; FOLKE, C.; HENRIKSSON, P. J. G.; MALMROS, K.; TROELL, M.; ZORZET, A.; LIVING WITH RESISTANCE, P. Coevolutionary Governance of Antibiotic and Pesticide Resistance. **Trends Ecol Evol**, v. 35, n. 6, p. 484-494, Jun 2020.

SOUZA, L. C.; BELAIDI, R. Agrotóxicos e biodiversidade: terminologia, causas e impactos. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, v. 2, n. 1, p. 168-187, 2016.

STANGANELLI, I.; DE FELICI, M. B.; MANDEL, V. D.; CAINI, S.; RAIMONDI, S.; CORSO, F.; BELLERBA, F.; QUAGLIANO, P.; SANLORENZO, M.; RIBERO, S.; MEDRI, M.; FARNETANI, F.; FELICIANI, C.; PELLACANI, G.; GANDINI, S.; INTERGROUP, I. M. I. T. I. M. The association between pesticide use and cutaneous melanoma: a systematic review and meta-analysis. **J Eur Acad Dermatol Veneol**, v. 34, n. 4, p. 691-708, Apr 2020.

VITAL, N. **Agradeça aos agrotóxicos por estar vivo**. Rio de Janeiro: Record, 2017.

WU, J.; GE, L.; LIU, F.; SONG, Q.; STANLEY, D. Pesticide-Induced Planthopper Population Resurgence in Rice Cropping Systems. **Annu Rev Entomol**, v. 65, p. 409-429, Jan 7 2020.