

## Agrotóxicos Sintéticos: Heróis ou Vilões na Busca de um Futuro Sem Fome?

### *Synthetic Pesticides: Heroes or Villains in the Search for a Hunger-Free Future?*

Marcela Cristina de Moraes,<sup>a,\*</sup>  Carolina Guimarães de Souza Lima<sup>a,#</sup> 

<sup>a</sup> Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica, Outeiro de São João Batista s/n, Campus do Valonguinho, CEP 24020-007, Niterói-RJ, Brasil.

E-mail: \*[mcmoraes@id.uff.br](mailto:mcmoraes@id.uff.br)

#[cgslima@id.uff.br](mailto:cgslima@id.uff.br)

O acesso ininterrupto à comida, ou a meios para acessá-la sem comprometer outros direitos fundamentais como saúde e educação, é um direito previsto nos artigos 6° e 227° da Constituição Federal, definido pela Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional, e no artigo 11 do Pacto Internacional de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais firmado em 1966, reforçando o artigo 25 da Declaração Internacional de Direitos Humanos, que data de 1948. Entretanto, em 2009 estimava-se que em torno de 1 bilhão de pessoas por todo o mundo estavam sujeitas à fome, com quase 2 bilhões adicionais estando sujeitos a algum tipo de insegurança alimentar. Não obstante, segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), estamos retrocedendo no combate à fome, tendo a pandemia de COVID-19 agravado ainda mais o cenário de insegurança alimentar como consequência da diminuição da renda familiar em diversas regiões do mundo.

Neste contexto, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU engloba uma série de propostas transformadoras, ponderando sobre as mudanças globais constantes e definindo marcos que devem ser atingidos para que possamos viver em um mundo sem o fantasma da fome, insegurança alimentar e todas as formas de subnutrição. O objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 2 é “acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável”, enquanto o ODS 3 versa sobre “assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades”. Entretanto, alcançar estes objetivos não é tarefa trivial, e investimentos e mudanças massivos no sistema agro-alimentar são imprescindíveis para torná-lo eficiente, resiliente, inclusivo e sustentável.

Quando se leva em consideração o fato de que a área disponível para a produção agrícola é limitada, a Química pode contribuir expressivamente para a segurança alimentar mundial através do desenvolvimento de novas estratégias para o manejo de ervas daninhas, aumento da produtividade e consequente minimização da perda de alimentos. A proliferação de ervas daninhas é uma questão crítica no aumento da produtividade agrícola: estima-se que, caso não controladas, as ervas daninhas impactariam o rendimento global agrícola em 34%. O controle das ervas daninhas pode ser feito por remoção mecânica, utilizando-se herbicidas sintéticos ou naturais ou até mesmo fungos e bactérias. A utilização de microrganismos para o manejo de ervas daninhas apresenta limitações graves como aplicação limitada, baixa estabilidade ao transporte e armazenamento, bem como incompatibilidade com outros pesticidas. Além disso, estudos já revelaram que os metabólitos de alguns fungos utilizados como herbicidas podem ser mais tóxicos do que resíduos de herbicidas sintéticos. Desta forma, desde meados do século passado, os herbicidas sintéticos têm se destacado no controle de ervas daninhas, substituindo ou complementando medidas de controle mecânico.

Ao se falar em agrotóxicos sintéticos de forma geral, uma referência marcante é o DDT (diclorodifeniltricloroetano), o primeiro pesticida sintético moderno. A história do DDT como inseticida teve início na Segunda Guerra Mundial, quando este organoclorado foi utilizado para combater insetos vetores de doenças como malária, tifo e febre amarela, sendo utilizado também no manejo de pestes agrícolas. De fato, a descoberta das propriedades inseticidas do DDT foi tão revolucionária à época que o químico suíço Paul Hermann Müller foi laureado com o Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1948. Anos depois, entretanto, descobriu-se que o DDT era causador de efeitos prejudiciais graves à saúde humana e de outros animais a longo prazo. A bióloga norte-americana Rachel Carson, em seu livro *Primavera Silenciosa*, lançado em 1962, descreveu como o DDT poderia causar câncer em seres humanos e ter efeitos drásticos também na vida de

outros animais, levando, por exemplo, a um aumento agudo na mortalidade de pássaros. Obviamente, o livro na época foi tratado com ceticismo por parte da indústria química, mas o seu efeito na opinião pública foi dramático, e levou à rediscussão da política americana de pesticidas, tendo culminado na criação da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA, *Environmental Protection Agency*). O DDT foi banido de vários países na década de 1970, mas no Brasil este pesticida só teve sua fabricação, importação, exportação, estoque, comercialização e uso proibidos em 2009 (Lei nº. 11.936 de 14 de maio de 2009).

À mesma época em que o DDT despontou como inseticida nos anos 1940, poucos herbicidas eram disponíveis comercialmente, dentre eles o 2,4-D, um herbicida organoclorado utilizado para ervas daninhas de folhas largas. Atualmente, uma vasta gama de herbicidas está disponível no mercado, podendo atuar de forma seletiva (controlam as ervas daninhas sem prejudicar a cultura de interesse) ou não seletiva. No entanto, a introdução de variedades modificadas geneticamente para tolerar herbicidas não seletivos obscureceu tal distinção. Assim, muitas vezes os agricultores não só reduziram o controle mecânico de ervas daninhas, como também diminuíram a rotatividade e variedade de herbicidas utilizados. Como consequência, ervas daninhas resistentes a herbicidas com diferentes mecanismos de ação (por exemplo, inibidores da acetil-coenzima A carboxilase e acetolactato sintase) passaram a ocupar vastos campos.

Atualmente há uma crescente demanda por novas soluções para controlar um amplo espectro de ervas daninhas, com foco em novos modos de ação, com por exemplo a inibição de enzimas específicas. Nesse sentido, inibidores da enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD) tem despontado em anos recentes como herbicidas eficientes, seletivos e sustentáveis; a enzima HPPD catalisa a descarboxilação oxidativa e o rearranjo de *p*-hidroxifenilpiruvato a homogentisato (HGA), em uma das primeiras etapas da via de degradação da tirosina – o HGA é um precursor chave na biossíntese de tocoferóis (essenciais para o crescimento da planta) e de plastoquinona (co-fator essencial para a fotossíntese e biossíntese de carotenóides). Como estes pigmentos protegem as plantas dos efeitos nocivos do oxigênio singleto produzido com o excesso de luz solar, a inibição da biossíntese de carotenóides por inibidores da HPPD resulta no branqueamento e subsequente morte das plantas tratadas. Um herbicida pertencente a esta classe é a mesotriona, que tem sido utilizada com sucesso no manejo de ervas daninhas em culturas de milho e cana-de-açúcar.

Os safeners, também conhecidos como protetores químicos ou antídotos, foram descobertos em meados do século XX e são substâncias que induzem a cultura (e não ervas daninhas) a degradar herbicidas mais rapidamente, auxiliando, assim, os herbicidas a controlar as ervas daninhas sem danos a colheita. Desde o uso do anidrido

naftálico como o primeiro safener comercial em 1971 para proteger culturas de milho de herbicidas do tipo tiocarbamato, diversas classes de compostos têm sido desenvolvidas e comercializadas para este fim. Os safeners são utilizados de três formas distintas: *i*) no tratamento de sementes, *ii*) combinados com herbicidas ou *iii*) formulados com algum herbicida específico. O tipo de aplicação a ser escolhida depende do tipo de safener, do tipo de cultura e das plantas daninhas presentes. Dessa forma, inibidores da HPPD combinados com o uso de safeners representam uma excelente alternativa para o desenvolvimento de uma agricultura moderna e sustentável.

Há décadas, a população mundial tem enfrentado uma onda global de escassez de alimentos que está relacionada a uma série de fatores como rápido crescimento da população, a progressiva diminuição da quantidade de terras férteis e a proliferação de ervas daninhas. De forma geral, os defensivos agrícolas são vistos como vilões, especialmente quando se considera histórias como a do DDT. Entretanto, quando se leva em consideração a crescente demanda mundial por alimentos de qualidade, o uso de agrotóxicos sintéticos pode ser um poderoso aliado para atingirmos os ODS propostos pela ONU. Apesar de experiências como a do DDT terem deixado cicatrizes profundas, o desenvolvimento de novos defensivos agrícolas mais eficientes, seguros e sustentáveis é um fator-chave no alcance de uma sociedade mais próspera.



Esta obra é de autoria de Isabel de Jesus (MG, SP) “S/Título” (85), aquarela s/ cartão. 15 cm x 22 cm.