

IMPACTOS DE AGROTÓXICOS SOBRE O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE HUMANA

*Diana Cléssia Vieira Belchior¹
Althiéris de Souza Saraiva²
Ana Maria Córdova López³
Gessiel Newton Scheidt⁴*

RESUMO

A presente revisão bibliográfica aborda resultados científicos dos impactos de agrotóxicos utilizados em cultivos agrícolas, sobre o meio ambiente e a saúde humana. Os cultivos agrícolas brasileiros demandam alto consumo de agrotóxicos, sendo estes de efeitos variáveis, podendo atingir facilmente organismos não alvos, a exemplo de predadores, organismos de solo, polinizadores, bem como aqueles presentes em ecossistemas aquáticos, o que pode causar desequilíbrio ambiental e problemas à saúde humana. O uso indiscriminado de produtos fitossanitários levou o Brasil a ocupar uma indesejável liderança do ranking mundial de consumo de agrotóxicos. Há necessidade de mais incentivos à adoção de práticas agroecológicas, capacitação daqueles que manipulam os agrotóxicos, bem como a proibição de princípios ativos já comprovadamente nocivos ao ambiente e à saúde humana, somados à fiscalização rígida por órgãos ambientais competentes.

Termos para indexação: impactos ambientais, impactos sociais, práticas agrícolas.

IMPACTS OF PESTICIDES ON THE ENVIRONMENT AND ON HUMAN HEALTH

ABSTRACT

This study reports scientific results of impacts of pesticides used in agricultural crops on the environment and human health. Brazilian agricultural crops require high consumption of pesticides, and pesticides have variables effects, being able to easily achieve non target organisms, like predators, soil organisms, pollinators, as well as those present in aquatic ecosystems, which can cause environmental imbalance and problems to human health. The

¹ Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia, mestre em Biotecnologia. dianaclessia_15@hotmail.com

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal. althierissaraiva@gmail.com

³ Bióloga, mestre em Produção Vegetal. anamariacordovalopez@gmail.com

⁴ Biólogo, doutor em Processos Biotecnológicos, professor da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupí, TO. gessielscheidt@yahoo.com.br

indiscriminate use of phytosanitary products led Brazil to occupy an undesirable leadership of the world's ranking of consumption of pesticides. There is a need for more incentives for the adoption of agroecological practices, training for those who handle pesticides, as well as the prohibition of active ingredients that have been proven to be harmful to the environment and to human health, in addition to strict supervision by competent environmental agencies.

Index terms: environmental impacts, social impacts, agricultural practices.

INTRODUÇÃO

A população mundial já ultrapassou os 7 bilhões de habitantes, dos quais 2,8% são brasileiros (BANCO MUNDIAL, 2015). A agricultura brasileira tem crescido em ritmo acelerado, uma vez que a modernização dos maquinários e implementos, bem como a consolidação do setor de insumos modernos, tem contribuído significativamente para a expansão do setor.

O Brasil detém, ainda, grande reserva de terras a serem exploradas pelo setor agrícola, a exemplo dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Nesse cenário, as modernas tecnologias, a mão de obra qualificada e os recursos naturais disponíveis são fatores que impulsionam o crescimento do setor agrícola não só nesses estados, mas em todo o território nacional, onde a agricultura tem superado recordes de produtividade a cada safra de grãos, frutas e hortaliças.

O fato é que a intensificação da agricultura tem prejudicado a biodiversidade, a exemplo da redução na disponibilidade e qualidade da água, do comprometimento da qualidade do ar e dos alimentos, e dos crescentes problemas fitossanitários resultantes do desequilíbrio ecológico causado pelo uso de agrotóxicos (NUNES, 2007). Nesse contexto, esses produtos se tornaram parte fundamental do modelo agrícola após a revolução verde, uma vez que contribuem para elevados índices de produtividade (REBELO, 2010).

Os agrotóxicos estão no mercado sob a forma de inseticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, acaricidas, rodenticidas, moluscicidas, formicidas, reguladores e inibidores de crescimento. Os herbicidas representam 48% do total de agrotóxicos, seguidos pelos inseticidas (25%) e pelos fungicidas (22%) (PELAEZ et al., 2010). Tais produtos químicos são caracterizados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama) e, quanto aos riscos à biodiversidade, foram divididos em quatro classes: produto altamente perigoso (classe I),

produto muito perigoso (classe II), produto perigoso (classe III) e produto pouco perigoso (classe IV) (REBELO et al., 2010). Essas classificações visam à prevenção e/ou proteção do meio ambiente contra possíveis danos causados por compostos químicos. Resta, contudo, uma questão: estarão os produtores realmente preocupados com a classificação toxicológica do composto químico que utilizam ou com o lucro resultante de uma boa safra?

O Brasil ocupa a liderança do ranking de consumo mundial de agrotóxicos (BRASIL, 2015). Parece não fazer jus, como deveria, à Lei nº 7.802/89 (BRASIL, 1989) (regulamentada pelo Decreto nº 4074/02), que dispõe sobre normas relativas à cadeia dos agrotóxicos (pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, propaganda comercial, utilização, importação, exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização). Há relatos que demonstram os efeitos nocivos de agrotóxicos sobre o ambiente e a saúde humana, mas, apesar disso, dos vários princípios ativos banidos na União Europeia, ainda na década de 1990, no Brasil poucos foram proibidos, e foram proibidos muito recentemente, nos últimos dois ou três anos. Porém, alguns desses compostos ainda são comercializados livremente. A Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco) afirma que, dos 50 produtos mais utilizados nas lavouras brasileiras, 22 são proibidos na União Europeia e em outros países (DOSSIÊ..., 2012a).

Embora alguns ingredientes ativos sejam proibidos no Brasil, ainda são encontrados seus resíduos em alimentos. Por outro lado, o uso indiscriminado de agrotóxicos, mesmo que de uso autorizado, tem resultado em alimentos com níveis elevados de contaminação, acima do máximo permitido (ANVISA, 2011).

Um dos fatores que impulsionaram ainda mais o uso de agrotóxicos nas lavouras brasileiras foi o advento dos organismos geneticamente modificados. Os cultivos transgênicos, assim denominados, acabam por contribuir para a redução da biodiversidade (SIQUEIRA et al., 2004). O sistema de artificialização da natureza causa o desequilíbrio dos ecossistemas, promovendo o surgimento de novas pragas, as quais exigem a aplicação de novos agrotóxicos, o que pode levar à seleção daquelas mais resistentes. Essas pragas, por sua vez, necessitarão de agrotóxicos mais impactantes, e assim por

diante. Segundo os autores, o uso de transgênicos ocasiona um círculo vicioso do qual a agricultura não consegue se libertar (LONDRES, 2011).

Assim, o cenário brasileiro é preocupante, pois nos bastidores de cada recorde produtivo, em concomitância, pode haver um grande impacto ambiental ocasionado por produtos fitossanitários, uma vez que a agroecologia e a sustentabilidade são interesses de poucos.

O presente estudo traz uma revisão dos relatos científicos de impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. O ser humano está sujeito a uma exposição direta e diária a esses compostos químicos nas áreas de produção, tratamento e armazenamento de produtos, e de modo indireto, mas com consequências não menos graves por estar exposto aos resíduos encontrados no meio ambiente e nos produtos consumidos.

EFEITOS DE AGROTÓXICOS SOBRE ORGANISMOS NÃO ALVOS EM ECOSSISTEMA TERRESTRE

Os cultivos agrícolas no Brasil demandam uma elevada quantidade de agrotóxicos, sendo estes de efeitos variáveis, podendo atingir facilmente organismos não alvos e ocasionar desequilíbrio ecológico. Diversos estudos têm demonstrado a nocividade de agrotóxicos sobre predadores naturais, como é o caso do ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (COSTA et al., 2012; POLETTI et al., 2008). O efeito de agrotóxicos sobre ácaros predadores pode ser verificado na literatura, o que leva à preocupação com o desequilíbrio ecológico que esses produtos podem ocasionar. Na década de 1990, por exemplo, Santos e Gravena (1997) relataram, em seus estudos, que os acaricidas comumente utilizados em pomares de citros são tóxicos para um grande número de ácaros predadores que poderiam estar contribuindo para o controle biológico natural dos ácaros nocivos.

Sabe-se, ainda, que não somente os agrotóxicos podem afetar os inimigos naturais, mas também têm potencial de influenciar a interação predador-presa (HANLON; RELYEA, 2013). Para Saraiva et al. (2015), uma das práticas de manejo agrícola que podem afetar a relação predador-presa é o uso do herbicida glifosato, o qual pode afetar direta ou indiretamente os organismos não alvos. Os autores salientam que num sistema no qual não há período

crítico de competição de plantas daninhas, estas se tornam importantes para manutenção de inimigos naturais no sistema, pois servem de abrigo para estes.

O fato é que pulverizações, por vezes desnecessárias, ou com dosagens acima das recomendadas, são realizadas na maioria dos cultivos, e a pressão agrícola no ecossistema se torna maior, influenciando diretamente na desestruturação da biodiversidade. Ressalta-se, ainda, que o herbicida glifosato tem sido questionado pela comunidade científica quanto aos efeitos deletérios sobre inimigos naturais, e investigações científicas têm comprovado tais efeitos (BASTOS et al., 2007).

Os agrotóxicos biológicos também têm sido questionados quanto à sua toxicidade a organismos não alvos. Um estudo sobre a seletividade de agrotóxicos a *Chrysoperla externa*, inseto considerado eficiente inimigo natural de grande diversidade de pragas, concluiu que o óleo de algodão a 0,01% inibe sua emergência, ao passo que o óleo de nim indiano a reduz significativamente (BASTOS et al., 2007).

Depois das plantas, o solo é o principal receptor de agrotóxicos agrícolas, ao passo que a interação pesticida-solo depende, principalmente, das características físico-químicas tanto do solo quanto do pesticida (MARTINS, 2006). O ciclo dos agrotóxicos no ambiente pode ser observado na Figura 1.

No que diz respeito aos organismos do solo, muitos agrotóxicos, se usados corretamente, são considerados não nocivos, mas o uso de dosagens acima do permitido – e dependendo das características físicas, químicas e biológicas do solo no qual foi depositado – pode influenciar de forma direta ou indireta na população da macro e microfauna, como é o caso do herbicida glifosato (MORAES; ROSSI, 2010; ZILLI et al., 2008).

Além da utilização de forma isolada, é comum a mistura de agrotóxicos, seja de maneira comercial, seja manipulada pelo próprio agricultor. Esta última, porém, é a mais preocupante por, geralmente, não ser feita em concentrações adequadas. Desse modo, aplicações sequenciais da combinação de agrotóxicos podem apresentar efeito sinérgico, alterando negativamente a comunidade microbiana do solo, a exemplo de bactérias (OLIVEIRA et al., 2009). Segundo Figueiró (2012), os impactos de agrotóxicos sobre os organismos do solo podem ser variados, sendo alguns estimulantes, e outros inibitórios. Esses impactos podem ser diretos ou indiretos, e são dependentes

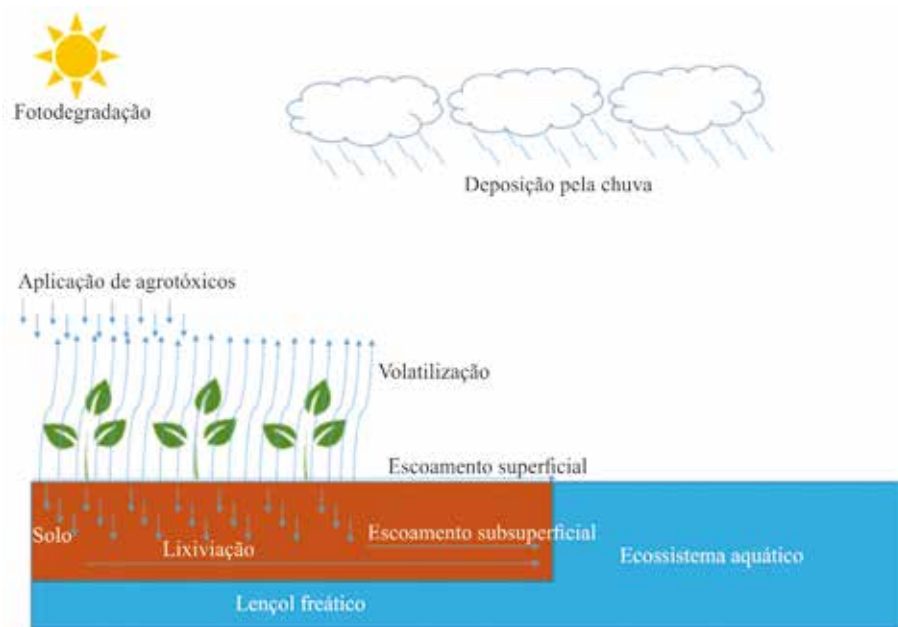


Figura 1. Ciclo de agrotóxicos no ambiente – ilustração geral.

de vários fatores que interagem entre si, como modo de aplicação, o ambiente do solo e a disponibilidade de recursos alimentares no ato da aplicação.

Outro fator preocupante é o efeito de agrotóxicos sobre polinizadores, que são fundamentais para a produção agrícola. Os agrotóxicos impactam tanto na diversidade quanto na abundância e eficiência de polinização desses organismos (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Um exemplo claro, e cientificamente comprovado, de efeitos de agrotóxicos sobre polinizadores é a proibição de neonicotinoides na Europa por afetarem abelhas (FRYDAY et al., 2015), e outros efeitos são relatados por Blacquière et al. (2012) e Fairbrother et al. (2014).

No Brasil, alguns produtos costumam ser aplicados livremente e intensamente sobre os mais variados cultivos. Contudo, vale ressaltar os esforços dos ambientalistas em identificar os possíveis efeitos desses agrotóxicos sobre as abelhas. Nesse contexto, Tavares et al. (2015) concluíram que concentrações subletais do neonicotinoide tiametoxam são tóxicas para

larvas de abelhas africanizadas e podem modular o desenvolvimento e, conseqüentemente, afetar a manutenção e sobrevivência da colônia.

EFEITOS DE AGROTÓXICOS EM ECOSISTEMA AQUÁTICO

O Brasil é um país de águas em abundância; contudo, os ecossistemas aquáticos estão sujeitos à ação de agrotóxicos, por meio do vento, das chuvas e da lixiviação no solo (Figura 1). Zhao et al. (2015) pesquisaram a distribuição sazonal dos agrotóxicos organoclorados e dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e as possíveis interações com espécies de fitoplâncton em ambiente aquático. Os resultados evidenciaram que as concentrações dos agrotóxicos organoclorados variaram de 69,95 até 223,08 ng L⁻¹ no inverno e de 80,95 a 376,03 ng L⁻¹ no verão, uma vez que as concentrações de hidrocarbonetos variaram de 45,40 até 232,74 ng L⁻¹ no inverno e de 49,53 a 197,72 ng L⁻¹ no verão.

O trabalho de Uğurlu et al. (2015) estabeleceu a toxicidade aguda e os efeitos histopatológicos do inseticida tiametoxam no tecido branquial de *Gammarus kischineffensis*. O valor de concentração letal (CL₅₀) para 48 horas foi de 23,505 mg L⁻¹. O estudo histopatológico demonstrou que os efeitos mais comuns de tiametoxam eram vacuolização e a infiltração hemostática no tecido branquial de *G. kischineffensis*, nas doses 0,004; 0,04; e 0,4 mg L⁻¹.

Adicionalmente, Crosby et al. (2015) fizeram um estudo com *Danio rerio* (peixe-zebra) exposto a imidacloprid (45 µM e 60 µM) e nicotina. As larvas de peixe-zebra expostas a imidacloprid nas duas doses reduziram significativamente a atividade de natação. A nicotina, porém, não afetou a natação do peixe-zebra.

Assim como os neonicotinoides (mencionados anteriormente), os organofosforados afetam o sistema nervoso dos organismos, inibindo a atividade da acetilcolinesterase (AChE), tal como demonstram Wang et al. (2015). Foi avaliada a inibição da AChE em carpa (*Cyprinus carpio*) exposta a diversas concentrações dos organofosforados malation e triazofós, assim como dos carbamatos fenobucarb e carbosulfan. Em misturas equitóxicas, os autores notaram que a atividade da AChE foi inibida pela combinação de triazofós e malation, bem como por triazofós e carbosulfan, tendo havido sinergismo. Em misturas de malation com fenobucarb, houve sinergismo,

enquanto a inibição da atividade da AChE observada nas demais combinações foi menor do que o aditivo (soma dos efeitos de cada um dos agrotóxicos). Os efeitos de organofosforados sobre o comportamento e a atividade da AChE de larvas do peixe-zebra também foram estudados, por meio de exposição a clorpirifós e malation, e foram constatadas mudanças na velocidade de natação (hipoatividade e hiperatividade), descanso e tigmotatismo (RICHENDRFER; CRETON, 2015).

Outro grupo de agrotóxicos altamente tóxicos para invertebrados aquáticos é o dos inseticidas piretroides. Em estudo realizado por Kretschmann et al. (2015), os autores avaliaram o potencial sinérgico dos fungicidas propiconazole e procloraz em *Daphnia magna*, um organismo bioindicador, amplamente utilizado em monitoramento de ecossistemas aquáticos, após 72 horas de exposição a α -cipermetrina, com as concentrações de 0,07 nM a 11 nM. A concentração eficaz (CE_{50}) para α -cipermetrina foi de $3,3 \pm 0,5$ nM em ausência de azóis, e $0,26 \pm 0,04$ nM e $0,08 \pm 0,01$ nM em presença de propiconazole e procloraz, respectivamente. O potencial sinérgico dos azóis foi altamente dependente do tempo.

Hano et al. (2015) descrevem o principal risco ecológico de dimetilditiocarbamato (DMDC), um fungicida de metabólito ditiocarbamato (DTC), no litoral de Hiroshima, Japão. Os autores ressaltam que as concentrações de DMDC no fundo da água do mar eram substancialmente mais elevadas do que na superfície, o que está associado com a lixiviação de sedimentos em águas profundas do mar e a fotodegradação na água superficial. Além disso, os riscos sazonais são dominados pelas concentrações mais elevadas, de abril a junho, o que indica a variação temporal no risco para as espécies expostas.

Embora a utilização de herbicidas seja uma prática comum nas grandes lavouras, para controlar ou eliminar plantas daninhas, a presença desses agrotóxicos tem sido, muitas vezes, verificada em ambiente aquático, a exemplo do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCFA), bensulfuron, metsulfuron e pirazosulfuron nas lavouras de arroz de Riego, em Kedah, Malásia (ISMAIL et al., 2015). No Brasil, muitos agrotóxicos são utilizados em cultivos de arroz, o que pode levar à contaminação do ambiente aquático.

As algas marinhas tropicais *Halodule uninervis* e *Zostera muelleri*, expostas a concentrações elevadas de diuron (0,3 a 7,2 $\mu\text{g L}^{-1}$), ao longo de um período de 79 dias, seguido por um período de recuperação de 2 semanas em água do mar não poluída, revelaram o rápido efeito de diuron no fotossistema II (FSII) em ambas as espécies de algas, com 0,3 $\mu\text{g L}^{-1}$. Houve uma inibição significativa da eficiência fotossintética e inativação do FSII no período de exposição. Mortalidades significativas e reduções no crescimento foram observadas apenas na mais alta concentração (7,2 $\mu\text{g L}^{-1}$). No entanto, indicadores bioquímicos mostraram que baixas concentrações de diuron causam impactos mensuráveis sobre a situação energética, o que pode deixar as algas vulneráveis a outros fatores estressantes simultâneos (NEGRI et al., 2015).

Estudos com diferentes clones de *D. magna*, expostos ao herbicida glifosato, demonstraram que o produto comercial apresentou ligeira diminuição da toxicidade aguda quando comparado ao ingrediente ativo, em isolado. No entanto, em testes de toxicidade crônica, o produto comercial foi mais tóxico, tendo-se constatado uma redução significativa no tamanho dos organismos juvenis, em todas as concentrações, ao passo que houve efeitos sobre o crescimento e a fertilidade (CUHRA et al., 2013). Outros organismos também são utilizados para monitoramento de agrotóxicos em ecossistemas aquáticos, como é o caso do díptero *Chironomus riparius* (PESTANA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2015).

O preocupante é que os agrotóxicos presentes em ecossistemas aquáticos podem se acumular em elevadas concentrações nos organismos ao longo de todo o nível trófico. Desse modo, o ser humano também pode ser prejudicado, por estar no topo da cadeia alimentar, visto que peixes e outros organismos aquáticos fazem parte da alimentação humana.

UMA DIETA ALIMENTAR COMPOSTA POR NUTRIENTES E AGROTÓXICOS

Diante do exposto sobre os efeitos de agrotóxicos sobre o meio ambiente, o ser humano acaba por ser afetado, visto que é dependente dos recursos do meio para sobrevivência (água, terra, ar, alimento). No tocante à exposição humana aos agrotóxicos, a alimentação é um dos principais problemas. Um

estudo realizado em 2012, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 2.488 amostras de alimentos (cereais, frutas e verduras) nas capitais brasileiras, demonstrou amostras insatisfatórias, ou seja, com limite residual acima do permitido, conforme o observado na Figura 2.

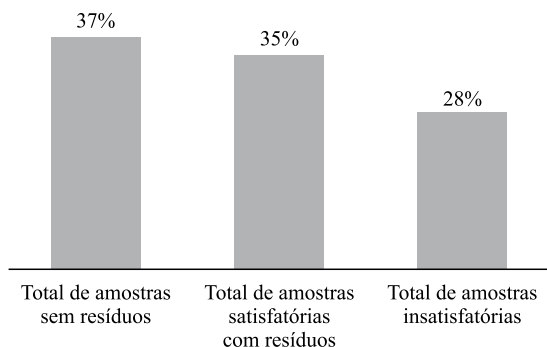


Figura 2. Resíduos de agrotóxicos em alimentos.

Fonte: Anvisa (2011).

Diversos estudos mostram o potencial tóxico de agrotóxicos sobre a saúde da população urbana e também rural (DOSSIÊ..., 2012b; PERES et al., 2003). Se quem está longe dos campos agrícolas está sujeito aos agrotóxicos, a situação pode se agravar para aqueles que, além de consumirem o alimento contaminado pelo excesso de resíduos, manipulam tais produtos, durante a aplicação.

Os equipamentos de proteção individual (EPI), embora de uso obrigatório, são dispensados ou desconhecidos por muitos trabalhadores que efetuam a aplicação de agrotóxicos nas lavouras, de forma manual ou mecanizada. Na aplicação manual, pelo uso de pulverizador costal, a exposição ao produto é maior (DOSSIÊ..., 2012a, 2012b).

O fato é que a utilização dos agrotóxicos no meio rural brasileiro tem trazido uma série de consequências, que são agravadas por uma série de determinantes de ordens cultural, social e econômica (PERES et al., 2005). De acordo com a Abrasco mesmo que alguns dos ingredientes ativos dos agrotóxicos possam ser classificados como medianamente ou pouco tóxicos, pelos seus efeitos agudos, não se pode deixar de considerar os efeitos crônicos, que podem ocorrer meses, anos ou até décadas após a exposição, manifestando-se em várias doenças (DOSSIÊ..., 2012a).

A comunidade científica tem detectado a presença de agrotóxicos diversos em amostras de sangue humano, urina e leite materno (BELO et al., 2012; PIGNATI et al., 2012). Desse modo, são elevadas as possibilidades de ocorrência de anomalias congênitas, câncer, disfunções na reprodução humana, bem como distúrbios endócrinos, neurológicos e mentais (ARMAS et al., 2007; DOSSIÊ..., 2012a; SIQUEIRA; KRUSE, 2008).

Segundo Moreira et al. (2002), os principais meios de contaminação humana por agrotóxicos são o ambiental, o ocupacional e o alimentar (Figura 3).

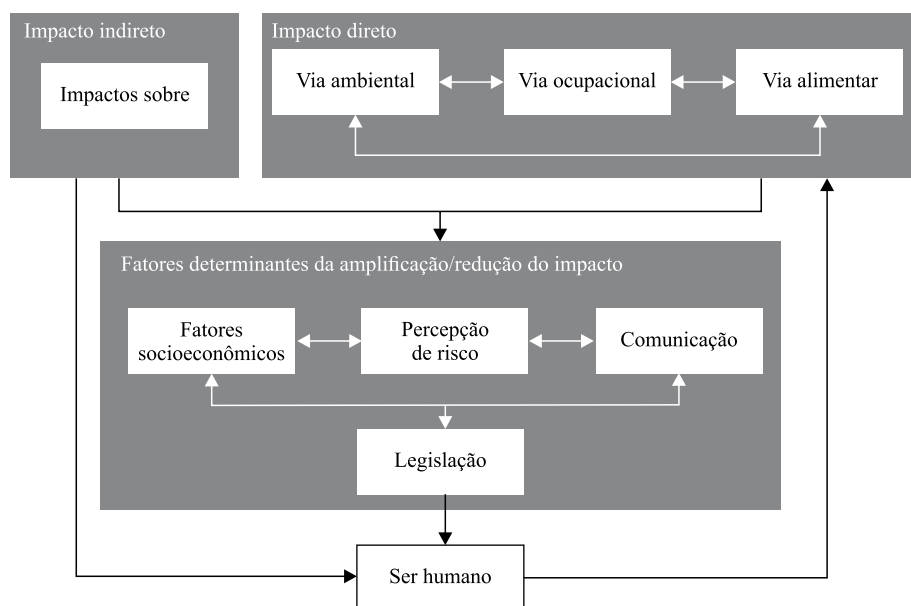


Figura 3. Esquema dos principais meios de contaminação humana por agrotóxicos.

Fonte: Moreira et al. (2002).

Nesse contexto, um estudo realizado por Palma et al. (2014) na cidade de Lucas do Rio Verde, no estado de Mato Grosso, corrobora Moreira et al. (2002). O referido trabalho revelou que de 62 amostras de leite materno de mães em fase de amamentação, todas apresentaram, pelo menos, um tipo de pesticida. Para os autores, os resultados podem ser oriundos da exposição ocupacional, ambiental e alimentar do processo produtivo da agricultura.

Demonstram que a população que vive em municípios rodeados por grandes cultivos, os chamados polos agrícolas, está exposta aos efeitos deletérios dos variados agrotóxicos.

Burillo-Putze et al. (2014) determinaram a presença de 24 resíduos de agrotóxicos, por cromatografia gasosa, em amostras de soro obtidas de humanos adultos, não expostos ocupacionalmente aos produtos, na ilha de Tenerife, na Espanha, em 2007. A maioria das amostras (99,45%) apresentaram resíduos de agrotóxicos (6±2 agrotóxicos por amostra). Os agrotóxicos mais frequentemente detectados foram piretrinas (96,1%), organofosforados (93,9%) e organoclorados (92,3%). A bifentrina neurotóxica e o malation foram detectados em 81% das amostras, e hexaclorobenzeno, dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) e buprofezina em mais de 50%. Malation foi detectado em 82%, e “desreguladores endócrinos” estavam presentes em 97,2% das amostras.

Um estudo, realizado na Índia, relatou que o DDT e o hexaclorociclohexano (HCH) foram os inseticidas mais encontrados nos produtos alimentícios da Índia. O consumo de produtos com DDT e HCH por aquela população é 100 vezes maior, se comparado com o das nações mais desenvolvidas (KANNAN et al., 1997). Ressalta-se que no Brasil, o DDT foi proibido, mas somente no ano de 2009.

Observa-se, pelo exposto, que há esforços voltados a identificar os efeitos deletérios de agrotóxicos sobre a biodiversidade, em busca de soluções alternativas, pela adoção de práticas agroecológicas em prol da sustentabilidade e do bem-estar social.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pragas agrícolas (doenças, insetos nocivos e plantas daninhas), presentes nos cultivos agrícolas, podem adquirir, a cada safra, resistência aos agrotóxicos, e o modelo agrícola atual está fundamentado no uso desses produtos, nem sempre da maneira correta e nas dosagens recomendadas. São inegáveis, portanto, os efeitos deletérios de agrotóxicos sobre a biodiversidade, como revisto na literatura.

A pressão química dos agrotóxicos sobre o ambiente é consequência, geralmente, da ação humana, ao buscar elevadas produtividades agrícolas. No

entanto, a longo prazo, o custo ambiental pode ser alto, e o próprio ser humano pode ser afetado.

Para mitigar esses impactos, há necessidade de mais incentivos à adoção de práticas agroecológicas, capacitação daqueles que manipulam os agrotóxicos, bem como a proibição de princípios ativos já comprovadamente nocivos ao ambiente e à saúde, somados à fiscalização rígida por órgãos ambientais competentes.

REFERÊNCIAS

ANVISA (Brasil). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Gerência Geral de Toxicologia. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA)**. Brasília, DF, 2011. Relatório de atividades de 2010.

ARMAS, E. D. de; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F. dos; CAMARGO, P. B. de; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1119-1127, set./out. 2007. DOI: 10.1590/S0100-40422007000500013.

BANCO MUNDIAL. **Indicadores do desenvolvimento mundial, população total**. 2015. Disponível em: <<http://databank.bancomundial.org/data/views/reports/tableview.aspx?isshared=true>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

BASTOS, C. S.; DANIELLE, J.; MARIA, R. **Seletividade de pesticidas à *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae)**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. (Comunicado técnico, 346).

BELO, M. S. da S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. G. de C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do estado de Mato Grosso: um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p.78-88, jan./jun. 2012. DOI: 10.1590/S0303-76572012000100011.

BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; GESTEL, C. A. van; MOMMAERTS, V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973-992, May 2012. DOI: 10.1007/s10646-012-0863-x.

BRASIL. Lei nº 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. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, 12 jul. 1989.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

BURILLO-PUTZE, G.; LUZARDO, O. P.; GARCÍA, C. P.; ZUMBADO, M.; YANES, C.; TRUJILLO-MARTÍN, M. M.; BOADA, F. del C. C.; BOADA, L. D. Exposure to persistent and non-persistent pesticides in a non-occupationally exposed population in Tenerife Island (Spain). **Gaceta Sanitaria**, v. 28, n. 4, p. 301-304, July/Aug. 2014. DOI: 10.1016/j.gaceta.2013.11.003.

COSTA, R.; ROCHA, L. C. D.; FREITAS J. A. de; COURA JÚNIOR G. M.; SANTOS O. M. dos; COUTO E. O. do. Efeito de agrotóxicos usados na cultura do morangueiro sobre o predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) em laboratório, semicampo e campo no sul de Minas Gerais. **Revista Agroambiental**, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2012. DOI: 10.18406/2316-1817v4n32012474.

CROSBY, E. B.; BAILEY, J. M.; OLIVERI, U. N.; LEVIN, E. D. Neurobehavioral impairments caused by developmental imidacloprid exposure in zebrafish. **Neurotoxicology Teratology**, v. 49, p. 81-90, May/June. 2015. DOI: 10.1016/j.ntt.2015.04.006.

CUHRA, M.; TRAAVIK, T.; BOHN, T. Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. **Ecotoxicology**, v. 22, p. 251-262, 2013. DOI: 10.1007/s10646-012-1021-1.

DOSSIÊ Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1: agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Saúde Coletiva, 2012a.

DOSSIÊ Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 2: agrotóxicos, saúde, ambiente e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Saúde Coletiva, 2012b.

FAIRBROTHER, A.; PURDY, J.; ANDERSON, T.; FELL, R. Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. **Environmental, Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 4, p. 719-731, Apr. 2014. DOI: 10.1002/etc.2527.

FIGUEIRÓ, R. (Org.). **Saúde & ambiente**: da educação ambiental à ecologia de doenças. Volta Redonda: UniFOA, 2012.

FRYDAY, S.; TIEDE, K.; STEIN, J. Scientific services to support EFSA systematic reviews: lot 5 systematic literature review on the neonicotinoids (namely active substances clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid) and the risks to bees (Tender specifications RC/EFSA/PRAS/2013/03): final report. **EFSA Supporting Publication**, v. 12, n. 2, EN-756, Feb. 2015. DOI: 10.2903/sp.efsa.2015.EN-756.

HANLON, S. M.; RELYEA, R. Sublethal effects of pesticides on predator-prey interactions in amphibians. **Copeia**, v. 4, p. 691-698, 2013. DOI: 10.1643/CE-13-019.

HANO, T.; ITO, K.; MOCHIDA, K.; OHKUBO, N.; KONO, K.; ONDUKA, T.; ITO, M.; ICHIHASHI, H.; FUJII, K.; TANAKA, H. Primary risk assessment of dimethyldithiocarbamate, a dithiocarbamate fungicide metabolite, based on their probabilistic

concentrations in a coastal environment. **Chemosphere**, v. 131, p. 225-231, July 2015. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.12.015.

ISMAIL, B. S.; PRAYITNO, S.; TAYEB, M. A. Contamination of rice field water with sulfonyleurea and phenoxy herbicides in the Muda Irrigation Scheme, Kedah, Malaysia. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.187, p. 406, July 2015. DOI: 10.1007/s10661-015-4600-9.

KANNAN, K.; TANABE, S.; GIESY, J. P.; TATSUKAWA, R. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in foodstuffs from Asian and oceanic countries. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 152, p. 1-55, 1997. DOI: 10.1007/978-1-4612-1964-4_1.

KRETSCHMANN, A.; GOTTARDI, M.; DALHOFF, K.; CEDERGREEN, N. The synergistic potential of the azole fungicides prochloraz and propiconazole toward a short α -cypermethrin pulse increases over time in *Daphnia magna*. **Aquatic Toxicology**, v. 162, p. 94-101, May 2015. DOI: 10.1016/j.aquatox.2015.02.011.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

MARTINS, E. L. **Previsão da lixiviação de agrotóxicos utilizados na cultura de algodão em Mato Grosso**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MORAES, P. V. D.; ROSSI, P. Comportamento ambiental do glifosato. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 9, n. 3, p. 22-35, 2010.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; SARCINELLI, P. N.; BATISTA, D. F.; EGLER, M.; FARIA, M. V. C.; ARAÚJO, A. J. de; KUBOTA, A. H.; SOARES, M. de O.; ALVES, S. R.; MOURA, C. M.; CURI, R. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002. DOI: 10.1590/S1413-81232002000200010.

NEGRI, A. P.; FLORES, F.; MERCURIO, P.; MUELLER, J. F.; COLLIER, C. J. Lethal and sub-lethal chronic effects of the herbicide diuron on seagrass. **Aquatic Toxicology**, v. 165, p.73-83, Aug. 2015. DOI: 10.1016/j.aquatox.2015.05.007.

NUNES, S. P. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a idéia de Desenvolvimento Rural. **Conjuntura Agrícola**, v. 157, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

OLIVEIRA, T. A. de; LÁZARI, T. M. de; NUNES, G. Efeito da interação do nicosulfuron chlorpyrifos sobre o banco de sementes e os atributos microbianos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 563-570, maio/jun. 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000300009.

PALMA, D. Y C. A.; LOURENCETTI, C.; UECKER, M. E.; MELLO, P. R. B.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. F. G. C. Simultaneous determination of different classes of pesticides in breast

- milk by solid-phase dispersion and GC/ECD. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, n. 8, p. 1419-1430, Aug. 2014. DOI: 10.5935/0103-5053.20140124.
- PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B.; SILVA, L. R. 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, p. 27-48, jan./abr. 2010. DOI: 10.5380/re.v36i1.20523.
- PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. In: PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Org.). *É veneno ou é remédio? agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p. 21-41. DOI: 10.7476/9788575413173.
- PERES, F.; OLIVEIRA-SILVA, J. J.; DELLA-ROSA, H. V.; LUCCA, S. R. de. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 27-37, set./out. 2005. DOI: 10.1590/S1413-81232005000500006.
- PESTANA, J. L. T.; LOUREIRO, S.; BAIRD, D. J.; SOARES, A. M. V. M. Fear and loathing in the benthos: responses of aquatic insect larvae to the pesticide imidacloprid in the presence of chemical signals of predation risk. **Aquatic Toxicology**, v. 93, n. 2-3, p. 138-149, June 2009. DOI: 10.1016/j.aquatox.2009.04.008.
- PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. Acidente rural ampliado: o caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde. **Ciência & Saúde & Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 105-114, jan./mar. 2012. DOI: 10.1590/S1413-81232007000100014.
- PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, mar. 2010. DOI: 10.4257/oeco.2010.1401.16.
- POLETTI, M.; COLLETTE, L. de P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, v. 3, n. 3, p. 1-14, 2008.
- REBELO, R. M. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**. Brasília, DF: Ibama, 2010.
- RICHENDRFER, H.; CRETON, R. Chlorpyrifos and malathion have opposite effects on behaviors and brain size that are not correlated to changes in AChE activity. **Neurotoxicology**, v. 14, p. 50-58, July 2015. DOI: 10.1016/j.neuro.2015.05.002.
- RODRIGUES, A. C.; GRAVATO, C.; QUINTANEIRO, C.; GOLOVKO, O.; ŽLÁBEK, V.; BARATA, C.; SOARES, A. M. V. M.; PESTANA, J. L. T. Life history and biochemical effects of chlorantraniliprole on *Chironomus riparius*. **Science of The Total Environment**, v. 508, p. 506-513, 2015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.021.
- SANTOS, A. C. dos; GRAVENA, S. Seletividade de acaricidas a insetos e ácaros predadores em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 1, p. 99-105, 1997. DOI: 10.1590/S0301-80591997000100014.
- SARAIVA, A. de S.; SARMENTO, R. A.; ERASMO E. A. L.; PEDRO-NETO, M.; SOUZA, D. J. de; TEODORO, A. V.; SILVA, D. G. Weed management practices affect the diversity

and relative abundance of physic nut mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 65, n. 5, p. 359-375, Mar. 2015. DOI: 10.1007/s10493-014-9875-y.

SIQUEIRA, J. O.; BARROS TRANNIN, I. C. de B.; RAMALHO, M. A. P.; FONTES, E. M. G. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 11-81, jan./abr. 2004. DOI: 10.1590/S0080-62342008000300024.

SIQUEIRA, S. L. de; KRUSE, M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 42, n. 3, p. 584-590, set. 2008. DOI: 10.1590/S0080-62342008000300024.

TAVARES, D. A.; ROAT, T. C.; CARVALHO, S. M.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; MALASPINA, O. In vitro effects of thiamethoxam on larvae of Africanized honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Chemosphere**, v. 135, p. 370-378, Sept. 2015. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.04.090.

UĞURLU, P.; ÜNLÜ, E.; SATAR, E. I. The toxicological effects of thiamethoxam on *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg 1937) (Crustacea: Amphipoda). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 39, n. 2, p. 720-726, Mar. 2015. DOI: 10.1016/j.etap.2015.01.013.

WANG, Y.; CHEN, C.; ZHAO, X.; WANG, Q.; QIAN, Y. Assessing joint toxicity of four organophosphate and carbamate insecticides in common carp (*Cyprinus carpio*) using acetylcholinesterase activity as an endpoint. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 122, p. 81-85, July 2015. DOI: 10.1016/j.pestbp.2014.12.017.

ZHAO, Z.; ZHANG, L.; DENG, J.; WU, J. The potential effects of phytoplankton on the occurrence of organochlorine pesticides (OCPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water from Lake Taihu, China. **Environmental Science: processes & impacts**, v. 17, n. 6, p. 1150-1156, Jun. 2015. DOI: 10.1039/c5em00025d.

ZILLI, J. É.; BOTELHO, G. R.; NEVES, M. P.; RUMJANEK, N. G. Efeito de glyphosate e imazaquin na comunidade bacteriana do rizoplano de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e em características microbiológicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 633-642, mar./abr. 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200018.

Trabalho recebido em 18 de junho de 2015 e aceito em 22 de abril de 2016.