

Uma análise das externalidades do uso de agrotóxicos



Gustavo Souto de Noronha noronha.gustavo@gmail.com

Economista do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Rio de Janeiro, Brasil.

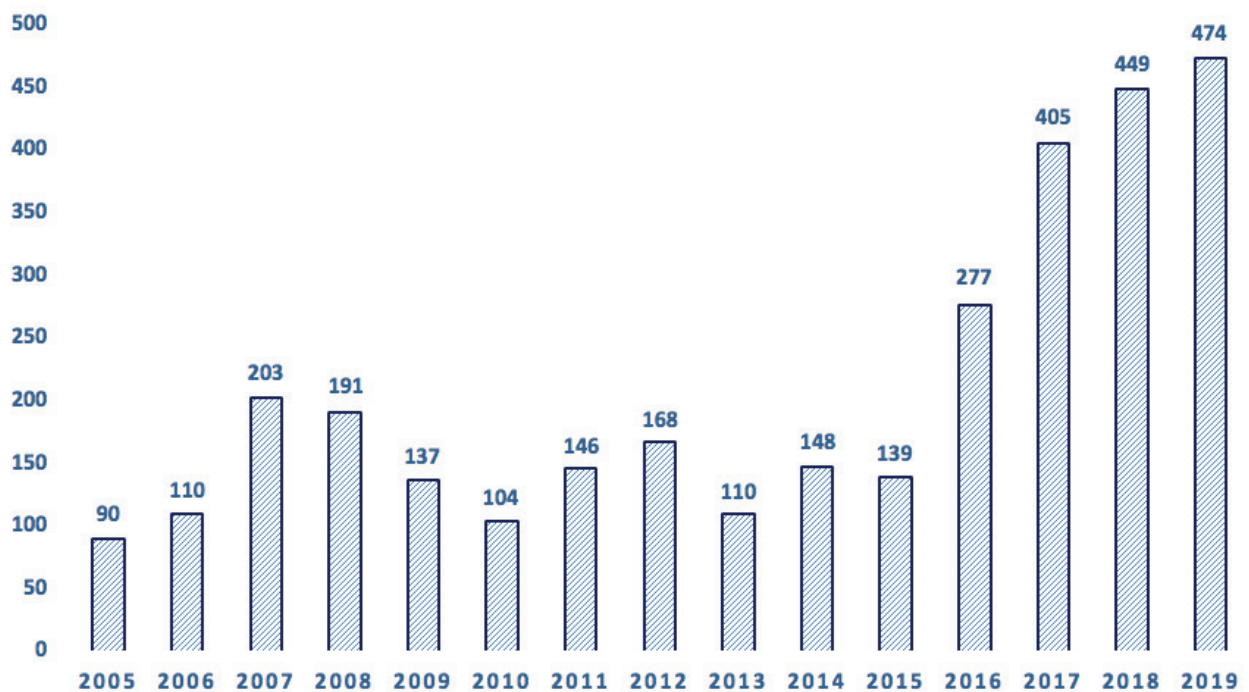
1. Introdução

A revolução verde combinou a difusão de uma série de novas tecnologias que permitiram um aumento sem precedentes da produção agrícola. Embora a população mundial tenha mais que dobrado ao longo dos últimos 50 anos, a produção de cereais triplicou com um aumento de apenas 30% da área plantada (Wiki *et al*., 2008). Todavia, o aumento da produtividade e do rendimento agrícola não veio sem a produção de externalidades, tendo como uma das suas principais causas o aumento do uso de agrotóxicos (Pretty *et al*., 2000; Pimentel, 2005).

A discussão do uso de agrotóxicos no Brasil tem se refletido no debate público, particularmente depois que o Dossiê ABRASCO (Carneiro *et al.*, 2014) apontou o Brasil como o maior consumidor destes produtos do mundo. Embora verdadeiro que em números absolutos o Brasil de fato lidere o consumo mundial de agrotóxicos, em consumo (US\$) por área tonelada de alimento, o país ocupa apenas a 13ª colocação (Melo, 2019). Menten (2016) mostra ainda que o consumo de ingredientes ativos (i.a.) por hectare no Brasil, considerando “apenas a área de grãos, café, cana, frutas e hortaliças, que consomem 96,8% dos defensivos”, estaria em 4,99 kg i.a./ha. Já em outros países o consumo “em kg de i. a./ha: Holanda, 20,8; Japão, 17,5; Bélgica, 12,0; França, 6,0; Inglaterra, 5,8”.

Nos últimos três anos, o número de registros destes produtos no Ministério da Agricultura alcançou os maiores valores de toda a série histórica ultrapassando sempre o total de 400 registros, bem mais que o máximo anterior de 277 registros. A tabela a seguir, com os dados consolidados, mostra a evolução do número de registros conforme informações disponíveis do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e o salto no número de registros de 2015 para 2016 e de 2016 para 2017, mantendo desde então uma tendência de alta.

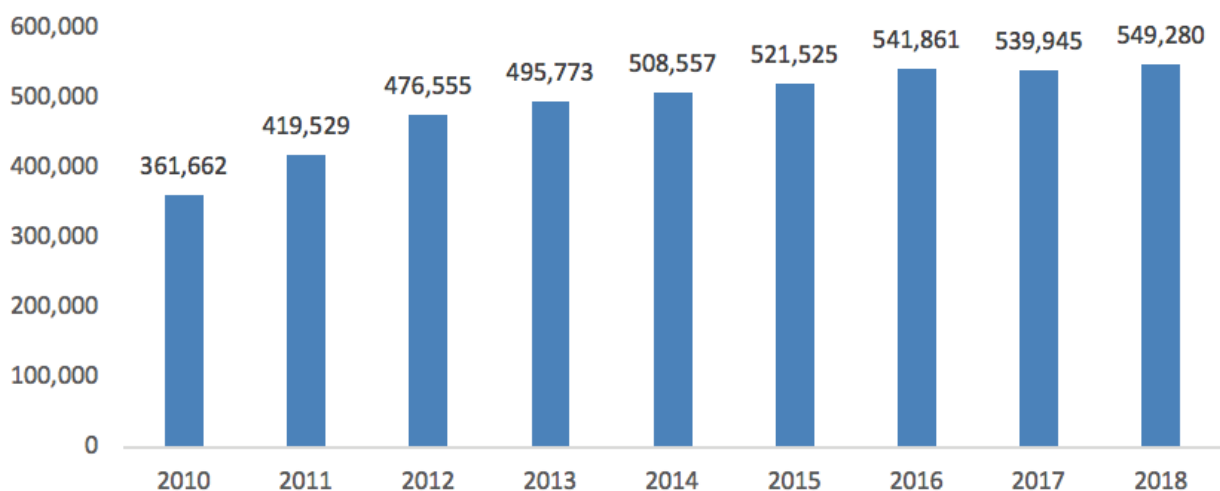
Gráfico 1: Evolução dos registros de agrotóxicos – 2005 a 2019



Fonte: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020)

Apesar do rápido aumento do número de registros nos anos mais recentes, a venda de agrotóxicos cresceu desde 2010, com uma tendência a estabilização nos últimos anos, conforme se evidencia do gráfico 2. Os saltos significativos ocorrem de 2010 para 2011, com uma variação positiva de 16%, e de 2011 para 2012, com o aumento de 13,6%. Nos demais anos, ocorrem alterações inferiores ou iguais a 4%, incluindo o decréscimo de 0,4% de 2016 para 2017 (IBAMA, 2019).

Gráfico 2: Evolução das vendas de agrotóxicos – 2010 a 2018 (tonelada de ingrediente ativo)



Fonte: IBAMA (2019)

De acordo com o Decreto nº 4.074, de 04 de Janeiro de 2002, o Brasil classifica os agrotóxicos tanto pelo seu nível de periculosidade ambiental quanto pelos riscos à saúde (toxicidade). Pelo Sistema de Agrotóxico e Fitossanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem hoje 2.246 registros de produtos formulados. Na classificação referente à sua periculosidade ambiental, do MAPA, 84,64% podem ser considerados perigosos, muito perigosos ou altamente perigosos ao meio ambiente. A tabela 1 sintetiza a quantidade de produtos registrados de acordo com cada faixa de risco ambiental.

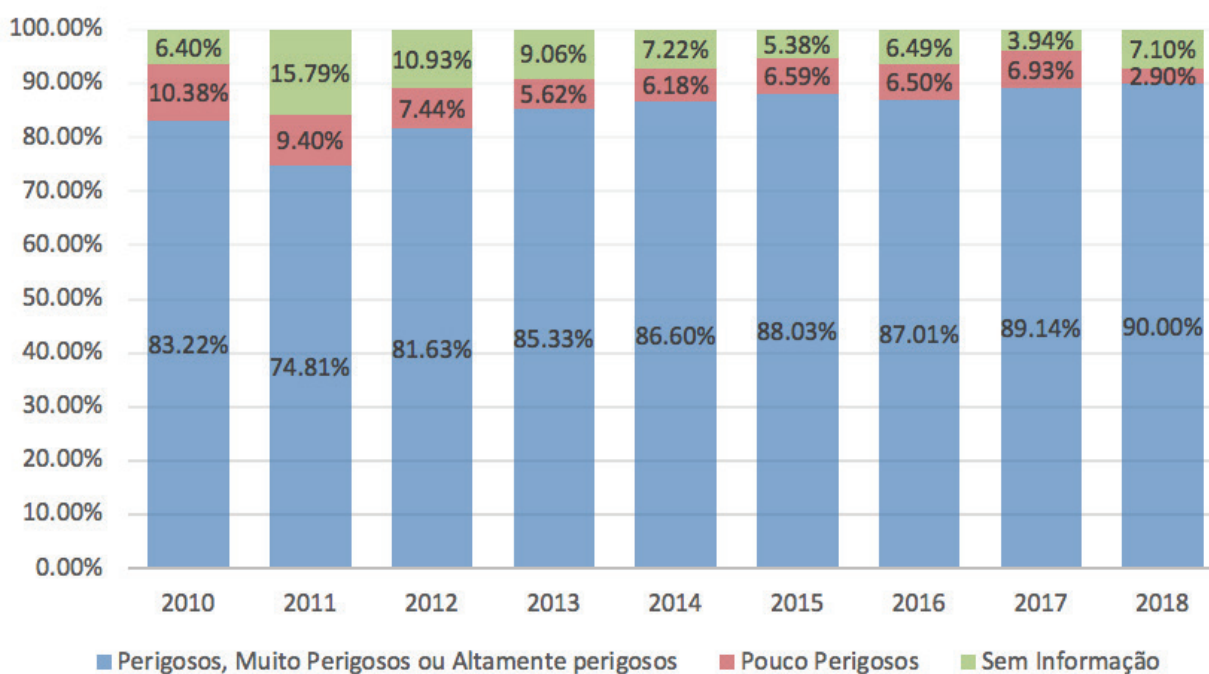
Tabela 1: Periculosidade ambiental

Risco Ambiental	Produtos Registrados	Proporção
I - Produto Altamente Perigoso ao Meio Ambiente	83	3,70%
II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente	1.008	44,88%
III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente	810	36,06%
IV - Produto Pouco Perigoso ao Meio Ambiente	334	14,87%
Produto de Baixo Risco ao Meio Ambiente	11	0,49%

Fonte: Sistema de Agrotóxico e Fitossanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018)

Mais importante que os registros são as vendas dos agrotóxicos. Os dados trabalhados do IBAMA (2019) mostram um aumento da participação dos produtos classificados pelo menos como perigoso, de 83% para 90% do total das vendas, uma proporção ainda maior que a já alta entre os produtos registrados.

Gráfico 3: Participação no Total da Venda de Agrotóxicos por Classificação de Periculosidade Ambiental



Fonte: Elaboração própria a partir de IBAMA (2019)

A classificação dos riscos à saúde, medida pela toxicidade do produto, foi objeto de recente reformulação pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, adequando o Brasil aos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS), conforme tabela 2 a seguir (Almeida, 2019).

Tabela 2: Classes Toxicológicas GHS

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NÃO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
Oral	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
Dérmica	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
Inalatória	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
COR DA FAIXA	Vermelho PMS Red 199 C	Vermelho PMS Red 199 C	Amarelo PMS Yellow C	Azul PMS Blue 293 C	Azul PMS Blue 293 C	Verde PMS Green 347 C

Fonte: Almeida (2019)

As alterações fizeram com que a Anvisa (2019) avaliasse 1.942 produtos e chegasse à classificação do risco à saúde exposta na Tabela 3. Pela nova categorização, apenas 13,29% dos produtos são considerados ao menos moderadamente tóxicos, sendo apenas 6,28% altamente ou extremamente tóxicos.

Tabela 3: Risco à saúde (toxicidade) – Nova Resolução da ANVISA

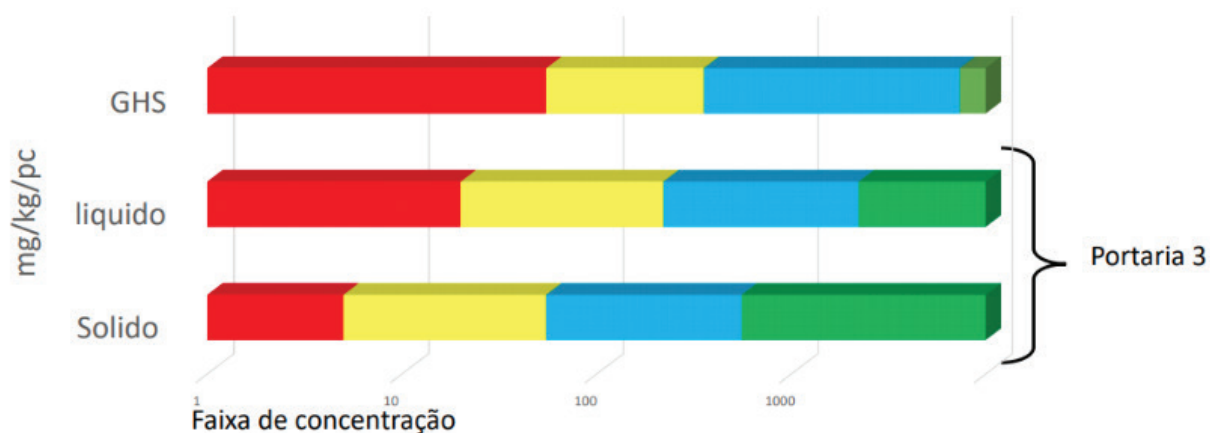
Toxicidade	Cor da faixa na embalagem	Produtos Registrados	Proporção
Categoria 1 – Produto Extremamente Tóxico	Vermelho	43	2,21%
Categoria 2 – Produto Altamente Tóxico	Vermelho	79	4,07%
Categoria 3 – Produto Moderadamente Tóxico	Amarelo	136	7,00%
Categoria 4 – Produto Pouco Tóxico	Azul	599	30,84%
Categoria 5 – Produto Improvável de Causar Dano Agudo	Azul	899	46,29%
Não classificado – Produto Não Classificado	Verde	168	8,65%
Não Informado	N/A	16	0,82%
Produtos cujo processo matriz não foi localizado	N/A	2	0,10%

Fonte: Anvisa (2019b)

A classificação anterior dos riscos à saúde tinha como referência a Portaria SNVS- MS nº 3/92, da então Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, e era medida pela toxicidade do produto

“expressa em valores referentes à Dose Média Letal (DL50), por via oral, representada por miligramas do ingrediente ativo do produto por quilograma de peso vivo, necessários para matar 50% da população de ratos ou de outro animal teste” (Barrigosi, 2018). O gráfico 4 a seguir, elaborado por Almeida (2019), apresenta uma síntese das diferenças da classificação conforme a toxicidade a ingestão via oral entre critérios da GHS e da Portaria SNVS- MS nº 3/92.

Gráfico 4: Comparação da Classificação de Toxicidade (Via de exposição oral DL50) – GHS vs. Portaria SNVS - MS nº 3/92



Fonte: Almeida (2019)

A tabela 4 expõe os dados de toxicidade dos produtos registrados, incluindo a separação pelas cores das faixas, na categorização anteriormente utilizada, e foi elaborada com informações extraídas em 2018 do Sistema de Agrotóxico e Fitossanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. O sistema do MAPA apontava que, do ponto de vista toxicológico, 81,17% eram ao menos medianamente tóxicos, dos quais 48,13% estão classificados como altamente ou extremamente tóxicos.

Tabela 4: Risco à saúde (toxicidade) – Antiga categorização da ANVISA

Toxicidade	Dose Média Letal (DL50)	Cor da faixa na embalagem	Produtos Registrados	Proporção
Baixa Exposição Para Uso Restrito Em Armadilhas	Não se aplica	Não se aplica	15	0,74%
Extremamente Tóxico	DL50 < 50 mg/kg	Vermelho	676	33,24%
Altamente Tóxico	50 mg/kg < DL50 < 500 mg/kg	Amarelo	303	14,90%
Medianamente Tóxico	500 mg/kg < DL50 < 5.000 mg/kg	Azul	672	33,04%
Pouco Tóxico	DL50 > 5.000 mg/kg	Verde	324	15,93%
Não Determinado Devido À Natureza Do Produto	Não se aplica	Não se aplica	44	2,16%

Fontes: Registros, Sistema de Agrotóxico e Fitossanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018); Dose letal e faixa na embalagem, Barrigosi (2018).

Em junho de 2019, foi aprovado em Comissão Especial da Câmara dos Deputados o projeto de lei 6.299 de 2002, de autoria do senador Blairo Maggi, que incorpora outras 28 propostas que tratam de alterações na lei 7.802/1989, que regulamenta o uso dos agrotóxicos no Brasil. O projeto encontra-se desde então pronto para ser apreciado pelo plenário da Câmara (Modzeleski e Vivas, 2018). Entre as principais alterações propostas constam:

1. Passa a usar os termos “defensivos agrícolas” e “produtos fitossanitários” no lugar de “agrotóxico”.
2. As análises para novos produtos e autorização de registros passam a ficar coordenadas pelo Ministério da Agricultura.
3. O Ministério da Agricultura também irá “definir e estabelecer prioridades de análise dos pleitos de registros de produtos fitossanitários para os órgãos de saúde e meio ambiente”.
4. É criado um registro e autorização temporários para produtos que já sejam registrados em outros três países que sejam membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e adotem o código da FAO. O prazo será de 1 ano de análise e, então, o registro será liberado temporariamente.
5. A análise de risco é obrigatória para a concessão de registro e deverá ser apresentada pela empresa que solicita a liberação do produto. Produtos com “risco aceitável” passam a ser permitidos e apenas produtos com “risco inaceitável” podem ser barrados.
6. Os Estados e o Distrito Federal não poderão restringir a distribuição, comercialização e uso de produtos autorizados pela União.
7. Facilita a burocracia para a liberação de agrotóxicos idênticos e similares a outros já registrados. (Dantas, 2018)

Em notas técnicas, tanto o IBAMA quanto a Fundação Oswaldo Cruz manifestaram-se contrariamente às propostas do Projeto de Lei em tela. Ambas as instituições apontam os riscos à saúde humana e ao meio ambiente que uma flexibilização da legislação poderia gerar (IBAMA, 2018; Netto e Menezes, 2018).

Para além das alterações na lei dos agrotóxicos, o uso destes produtos sempre foi bastante incentivado pelo governo. O Programa Nacional de Defensivos Agrícola (PNDA), dos anos 1970, condicionava o crédito rural a utilização de uma parcela do mesmo na compra de agrotóxicos (Siqueira *et alli*, 2013). Posteriormente, foram concedidos diversos incentivos tributários, sintetizados na Tabela 5, extraída de Soares *et alli* (2020).

Tabela 5: Isenções Tributárias dos Agrotóxicos (descrição e estimativas)

Tributo	Base Legal	Ementa	Estimativa de Isenção (R\$ milhões)
Imposto sobre Importação (II)	Lei 8.032/1990, art.2º, inciso II, alínea 'h'	Dispõe sobre a isenção ou redução de impostos de importação, e dá outras providências.	472,62
	Decreto 6.759/2009, art. 136, inciso II, alínea 'h', arts. 172, 173, 201, inciso VI – alíquota zero	Regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior.	
	Resolução Camex 125/2016, Anexos I e II	Altera a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e estabelece as alíquotas do imposto de importação que compõem a Tarifa Externa Comum (TEC) e a Lista de Exceções à TEC.	
Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)	Lei 8.032/1990, art. 2º, inciso II, alínea 'h' – isenção ou redução	Dispõe sobre a isenção ou redução de impostos de importação, e dá outras providências.	1.623,52
	Decreto 8.950/2016, Anexo	Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI).	
Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (Cofins) e contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/Pasep)	Lei 10.925/2004, art. 1º, inciso II – alíquota zero	Reduz as alíquotas do PIS/Pasep e da Cofins incidentes na importação e na comercialização do mercado interno de fertilizantes e defensivos agropecuários e dá outras providências.	1.536,22
	Decreto 5.630/2005, art. 1º, inciso II – alíquota zero	Dispõe sobre a redução a zero das alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins incidentes na importação e na comercialização no mercado interno de adubos, fertilizantes, defensivos agropecuários e outros produtos.	
Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias (ICMS)	Convênio nº 100/97 do Confaz – redução da base de cálculo ou isenção	Reduz 60% da base de cálculo do ICMS nas saídas interestaduais de agrotóxicos.	6.222,64
Total			9.855,00

Fontes: Adaptado de Soares *et alli* (2020).

As isenções tributárias dos agrotóxicos são de aproximadamente R\$ 9,855 bilhões e, no entanto, o uso dos agrotóxicos produz diversas externalidades tanto no meio ambiente quanto na saúde humana, como demonstram as próprias classificações regulatórias de periculosidade ambiental e risco à saúde. Tais externalidades são de difícil precificação e provocam uma distorção de mercado ao encorajar atividades econômicas custosas à sociedade, ainda que haja benefícios privados significativos (Pretty *et al.*, 2000; Baumol e Oates, 1988). Soares *et alli* (2020, p. 17) também colocam “que esses subsídios acabam distorcendo os custos dos diferentes métodos de controle de pragas e doenças na agricultura, fazendo com que o uso dos agrotóxicos sejam sempre economicamente preferíveis as soluções mais sustentáveis”.

Incentivos fiscais a atividades que possuem significativas externalidades parecem por si só um contrassenso. Neste sentido, para aprofundar este debate, cabe preliminarmente uma discussão detalhada das externalidades. Pretty *et alli* (2000) separam em sete categorias os custos externos da agricultura no Reino Unido: (1) Dano ao capital natural – água; (2) Dano ao capital natural – ar; (3) Dano ao capital natural – solo; (4) Danos ao capital natural – biodiversidade e paisagem; (5) Danos à saúde humana – pesticidas; (6) Danos à saúde

humana – nitrato; e (7) Danos à saúde humana – micorganismos e outros agentes infecciosos. O presente texto pretende apresentar estas externalidades a partir de uma divisão bastante semelhante. Na seção 2, apresentaremos os danos ao capital natural na mesma forma apresentada pelos autores. Na seção 3, no entanto, os danos à saúde humana serão subdivididos entre intoxicações agudas e doenças crônicas. Na quarta seção, apresentam-se algumas aproximações para estimativas dos custos externos do uso de agrotóxicos, para em seguida se apresentar as conclusões.

2. Danos ao Capital Natural

Os agrotóxicos são produtos sintéticos (moléculas) que buscam evitar perdas agrícolas decorrentes da ação de insetos, microrganismos, animais e plantas por meio do controle ou eliminação ao afetar determinadas reações bioquímicas comuns a todo ser vivo. Portanto, seu efeito não se restringe ao organismo para o qual foi produzido e é utilizado, mas pode afetar todo biossistema onde ele é aplicado. “A introdução de agrotóxicos no ambiente agrícola pode provocar perturbações ou impactos, porque pode exercer uma pressão de seleção nos organismos e alterar a dinâmica bioquímica natural, tendo como consequência, mudanças na função do ecossistema” Spadotto *et alli* (2004, p. 12 e 13).

De um modo geral, o agrotóxico, pelo potencial de alterar um fator qualquer no ecossistema, pode provocar diversos desequilíbrios no meio ambiente. Os diversos organismos vivos interagem entre si, muitas vezes dependem ou cooperam um com o outro, mesmo um fator que afete apenas um microorganismo pode provocar prejuízos ao funcionamento de toda a biogeocenose.

Deste modo, para entender os danos ao capital natural do uso dos agrotóxicos, é necessário compreender que “os efeitos ambientais de um agrotóxico dependem intrinsecamente da sua ecotoxicidade a organismos terrestres e aquáticos e, em um sentido mais amplo, também da sua toxicidade ao ser humano” (Spadotto *et alli*, 2004, p. 13). Outro fator de influência é o grau de concentração no solo, na água, na atmosfera e nas plantas, que depende “do modo e das condições de aplicação, da quantidade ou dose usada e do comportamento e destino do agrotóxico no meio ambiente” (Spadotto *et alli*, 2004, p. 13). O uso dos pesticidas fora das normas, a utilização de quantidade acima da recomendada, o emprego de método de aplicação diferente daquele indicado para cultura (por exemplo, pulverização aérea) e uso de produto proibido ou inadequado ao plantio também são fatores que têm potencial de agravar os danos ambientais.

A bibliografia sobre os danos ao meio ambiente é vasta. Uma pesquisa no *Google Acadêmico*¹ da combinação dos termos *pesticides* e “*environmental problems*” resulta em 112.000 trabalhos. No Science Direct², a mesma

1 Serviço de buscas de trabalhos científicos e acadêmicos da *Google*, pesquisa feita em 13 de fevereiro de 2020 em scholar.google.com.

2 Serviço de buscas de artigos científicos da Elsevier, pesquisa feita em 13 de fevereiro de 2020 em www.sciencedirect.com/search/. Entre os sistemas da Elsevier, optou-se pelo *Science Direct* no lugar do *Scopus*, pois este último é ainda mais abrangente por incluir livros, capítulos de livros, apresentações de conferência, etc.

busca resultou 9.820 resultados. No serviço da *Google*, ao se restringir a pesquisa para trabalhos publicados apenas no ano de 2019, o resultado ainda alcança 5.760 textos. No sistema da *Elsevier*, foram encontrados 822 artigos. A título de exemplo, a revisão sistemática feita por Lopes e Albuquerque (2018) analisou 184 publicações³. Se utilizássemos apenas os resultados das buscas do *Science Direct*, que não possui repetições, apenas para período de cinco anos, entre 2015 e 2019, restariam 3.050 artigos a serem lidos na íntegra apenas em um termo pesquisado, tornando inviável uma revisão sistemática global. Deste modo, nas próximas subseções apresentaremos uma revisão analítica dos danos ao capital natural, procurando explicar o impacto em cada um dos diferentes compartimentos ambientais (atmosfera, solo, água e biodiversidade).

2.1. Impacto na atmosfera

Desde a década de 1960, cada vez mais trabalhos científicos mostram diferentes tipos de agrotóxicos no ar, chuva, neblina, nuvens e neve. Embora as concentrações maiores sejam encontradas durante e próximos aos locais de aplicação, há estudos que demonstram que estes produtos podem ser encontrados em locais e tempos distintos do seu período de utilização. Há registros de agrotóxicos localizados em “lugares como os Alpes suíços, as Índias Ocidentais, o Atol de Enewetak no Oceano Pacífico, o Ártico e a Antártida. Sua existência em tais áreas só pode ter sido resultado do transporte atmosférico e subsequente deposição úmida ou seca” (Unsworth *et alli*, 1999, p. 1362, tradução própria). A pulverização aérea é o principal meio pelo qual os agrotóxicos podem parar na atmosfera e, de um modo geral, a contaminação do ar ocorre por perdas no processo de aplicação, deriva, volatilização pós-aplicação e erosão eólica.

Uma das principais causas do aumento da preocupação da sociedade com o uso de produtos químicos na agricultura é a relação entre os problemas ambientais e de saúde humana decorrentes do uso de agrotóxicos e uma das principais causas é o transporte das áreas de plantio para outras áreas dos agentes poluentes. A contaminação do ar pode ser uma via relevante de transporte destes produtos entre diferentes regiões.

Existem agrotóxicos no ar nos estados sólidos, gasosos ou líquidos. Sua entrada na atmosfera ocorre a partir da aplicação pelo efeito do vento (deriva) e pela evaporação. Após aplicados, a volatilização, a degradação (pela hidrólise na **água e solos**, pela fotólise e pela reação com a hidroxila na atmosfera) e a erosão eólica **são os processos pelos quais os agrotóxicos ingressam na atmosfera**. Uma vez no ar, estes produtos se dispersam e acabam transportados pelo vento. Suas propriedades físicas e químicas, fatores ambientais (como condições meteorológicas) afetam sua distribuição. Deste modo, é seguro afirmar que “a aplicação de pesticidas em culturas e solos para fins agrícolas é uma importante fonte de poluentes orgânicos persistentes na atmosfera” (Gil e Sinfort, 2005, p. 5184).

Os agrotóxicos normalmente contaminam as regiões onde são aplicados, embora ocorra também o transporte aéreo mesmo em escala global, principalmente no caso de produtos químicos mais estáveis, como

3 A pesquisa ainda considerou muito mais expressões que a busca utilizada e também abrange os danos à saúde humana. Lopes e Albuquerque (2018) encontraram, entre os anos de 2011 e 2017, 615 publicações entre artigos, teses e dissertações, dos quais, após eliminação das duplicatas por software apropriado restaram 184 trabalhos que foram lidos na íntegra.

organoclorados hidroliticamente estáveis. Agrotóxicos no ar ou em precipitações (chuva, neve e neblina) são resultados de perdas no processo de aplicação, da volatilidade do produto utilizado após ser aplicado, bem como de partículas suspensas originárias da erosão do solo contaminado dispersadas pelo vento. Alguns estudos sugerem que uma percentagem significativa dos agrotóxicos desaparece da área aplicada e vai para a atmosfera imediatamente após a aplicação, enquanto a volatilização ocorre após alguns dias, embora a forma como ocorrem estes dependam do tipo de produto utilizado. De modo resumido, entre os fatores determinantes para a presença de pesticidas na atmosfera, estão: a constante da lei de Henry⁴; a estabilidade à hidrólise; a fotólise direta e indireta; o método de aplicação; e o tempo e a quantidade total usada em uma determinada região. (Unsworth *et al*li, 1999)

Unsworth *et al*li (1999) também demonstram que processos como a hidrólise e a fotólise indireta podem exercer um papel relevante na degradação de pesticidas na atmosfera. Os autores também apontam que a principal via para a deposição de pesticidas da atmosfera é a deposição úmida via água da chuva, sendo a deposição seca menos relevante. Embora existam modelos que permitam estimativas da distribuição relativa de agrotóxicos no ar, solo, água e biota para uma determinada região, estes dependem da disponibilidade de dados de alta qualidade. Ainda assim, os níveis de pesticidas quando detectados no ar são de partículas microscópicas.

Na maioria dos casos, os impactos dos agrotóxicos na atmosfera são insignificantes. Entretanto, há casos de danos a plantas que não são objeto da aplicação devido à volatilização e subsequente transporte de herbicidas do tipo auxina. Esta é uma consequência de notório conhecimento ao ponto já existirem medidas como restrições ao uso e adoção de formulações não voláteis para minimizar os riscos. Apontou-se um risco ligeiramente acima dos limites aceitáveis pela Organização Mundial de Saúde em locais próximos a aplicação de pesticidas em lavouras de algodão, que é uma das culturas que mais utiliza agrotóxicos. Também se identificou pesticidas organoclorados persistentes no leite materno em regiões do Ártico. A hipótese mais aceita é que eles seriam mais suscetíveis à bioacumulação e transporte na cadeia alimentar devido às características climáticas ambientais específicas da região. (Unsworth *et al*li, 1999)

2.2. Danos ao solo

A contaminação do solo por agrotóxicos, para além da poluição em si, resulta em perdas econômicas para os agricultores, uma vez que pode resultar na perda de fertilidade. Spadotto *et al*li (2004) explicam que os organismos afetados pelos pesticidas que vivem no solo têm ligação direta ou indireta com algumas funções necessárias para a fertilidade. Estes organismos estão relacionados desde a disponibilidade de água no solo até a decomposição de outros seres vivos que libera nutrientes às plantas, passando por diversas funções relacionadas ao equilíbrio biológico, físico e químico. Os agrotóxicos alteram este equilíbrio e podem afetar a biodiversidade e biomassa existentes no solo. “Como os microrganismos têm atuação fundamental na

4 “Quando a fase de dispersão, ou solvente, é um líquido, a solubilidade do gás é governada pela lei de Henry (...). A constante de Henry, kH , depende da natureza do gás, do solvente e da temperatura” (Silva *et al*li, 2017, p. 824). No caso dos agrotóxicos, a lei de Henry mede a tendência de volatilização de um pesticida a partir de uma solução aquosa diluída (Unsworth *et al*li, 1999).

transformação e liberação de nutrientes para as plantas, a disponibilidade de nutrientes pode ser alterada e a fertilidade do solo pode ficar comprometida” (Spadotto *et alli*, 2004, p. 13).

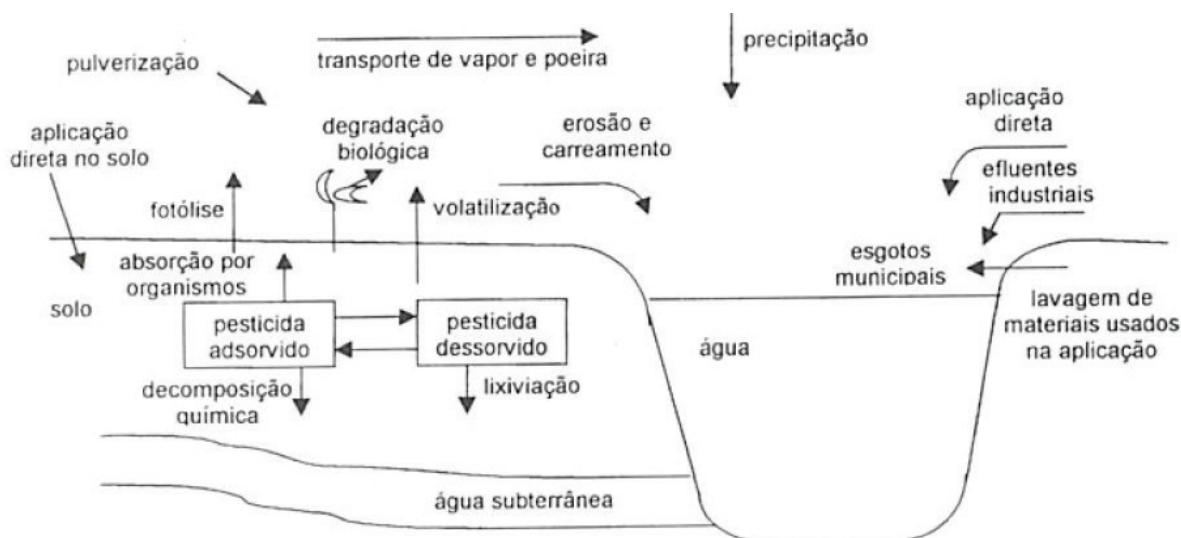
A perda de fertilidade de solo decorrente de uso de pesticidas agrícolas pode ainda ser resultado da contaminação de uma espécie específica, no caso as minhocas da terra. Kavitha *et alli* (2020) mostram que o uso de agrotóxicos afeta a população de bactérias e fungos no aparelho digestivo das minhocas, provocando um aumento da biomassa microbiana e da atividade no intestinal das minhocas, o que resulta numa formação mais rápida das substâncias húmicas e da mineralização da matéria orgânica, fazendo com que sejam liberados os seus subprodutos. Ao fim, por reduzir a microbiota intestinal e causar danos no intestino das minhocas, esse processo pode deteriorar a fertilidade do solo.

Outro processo comum na contaminação do solo é que eventualmente alguns organismos passam por um processo de bioacumulação ou bioconcentração, ou seja, absorvem as substâncias químicas dos agrotóxicos. “Esse fenômeno, no entanto, depende de dois fatores básicos: (a) da presença de um mecanismo de absorção ou ‘sorvedouro’ representado principalmente pelos lipídios do organismo e (b) das propriedades físico-químicas do agrotóxico que podem favorecer ou não sua entrada no organismo” (Spadotto *et alli*, 2004, p. 13). A partir do momento em que todo organismo vivo está inserido em uma teia alimentar, este processo pode gerar a biomagnificação, que é justamente o acúmulo progressivo das substâncias químicas que faz com que predadores no topo da cadeia alimentar possam apresentar uma maior concentração dos agrotóxicos.

2.3. Contaminação da Água

A contaminação da água é talvez uma das mais críticas formas de poluição decorrente do uso de agrotóxicos. Além do ecossistema aquático, humanos e animais (domésticos e selvagens) dependem da água para viver. Deste modo, o agrotóxico na água acaba sendo um dos principais vetores das doenças provocadas pelos pesticidas e com severas consequências na biodiversidade (Moreira *et alli*, 2002). No ambiente aquático, além da hidrólise e da fotólise, os agrotóxicos podem também sofrer a degradação biológica e, ainda, a bioacumulação e a biomagnificação, diferenciando apenas os microrganismos nesse ambiente em relação àqueles presentes no solo (Spadotto *et alli*, 2004, p. 13)

Os agrotóxicos alcançam o ambiente aquático de diversas maneiras. Dores e De-Lamonica-Freire (1999) apresentam a Figura 1 a seguir, que sintetiza o processo no qual os pesticidas de um modo geral alcançam os ambientes aquáticos.

Figura 1: Meios de entrada dos pesticidas no ambiente aquático e mobilização a partir do solo

Fonte: Dores e De-Lamonica-Freire (1999), p.3.

O uso agrícola de pesticidas pode levar estes produtos para o ambiente aquático por diversos caminhos. O processo de deriva (quando as partículas do agrotóxico não atingem o alvo) aparece como um dos principais processos de perda de pesticidas que acabam incorporados ao meio ambiente e muitas vezes chegam ao ambiente aquático via carreamento. Mesmo quando da aplicação direta no solo, o pesticida pode ser movimentado por processos como o carreamento a partir de águas pluviais ou através da erosão, da lixiviação ou da volatilização. O carreamento é o principal meio pelo qual os agrotóxicos alcançam o ambiente aquático. (Dores e De-Lamonica-Freire, 1999)

O comportamento de um pesticida na água interage de diversas formas. As mais relevantes são com a matéria em suspensão e o sedimento. A forma como ocorre estas interações depende tanto da solubilidade do agrotóxico quanto das características físico-químicas dos sedimentos. “O pesticida associado à matéria em suspensão eventualmente se depositará com o sedimento.” Eventualmente, mesmo depois de depositado no sedimento, o agrotóxico poderá “ser liberado novamente para a água, ser absorvido por algum organismo, ser alterado ou degradado por microrganismos ou ficar imobilizado” (Dores e De-Lamonica-Freire, 1999, p. 10).

2.4. Perda da biodiversidade

O relato de Rachel Carson (1969) em seu clássico *Primavera Silenciosa*, embora aponte o impacto dos agrotóxicos em todo o meio ambiente, é particularmente didático no que diz respeito à perda da biodiversidade em decorrência do uso de agrotóxicos. O foco do livro é quase todo o DDT, já proibido em quase todo o mundo e, desde a Lei nº. 11.936, de 14 de maio de 2009, também no Brasil. Ainda assim, desde então não faltaram pesquisas que apontam os riscos dos pesticidas não apenas ao afetar a biodiversidade dos ecossistemas onde ele incide diretamente, como visto na contaminação dos diversos compartimentos ambientais, mas também como uma ameaça a espécies em extinção.

Gibbs *et alii* (2009) mostram que apesar de literatura específica da ecologia sobre perda da biodiversidade normalmente associá-la à perda de habitat, podem haver outros fatores envolvidos. O estudo dos autores para o Canadá mostra o declínio e a perda de espécies relacionados aos agrotóxicos de modo geral e aos herbicidas de forma particular. Ogbeide *et alii* (2019) demonstram o alto risco apresentado a espécies de peixe ameaçadas de extinção em rios contaminados por agrotóxicos na Nigéria. Enquanto Mingo *et alii* (2016), num estudo sobre os riscos do uso de pesticidas para os répteis na Europa, encontraram resultados que indicam que pelo menos 1/3 de todas as espécies europeias estariam altamente expostas ao risco.

Ao estudar os chimpanzés e babuínos de Uganda, sendo o chimpanzé uma espécie ameaçada, Krief *et alii* (2017) mostram a contaminação dos territórios destes animais com pesticidas e que isso tem gerado diversas patologias, malformações e consideráveis impactos nos sistemas endócrinos tanto de chimpanzés quanto de babuínos. Liao *et alii* (2019) conduziram um estudo sobre o impacto dos agrotóxicos sobre o Gato-Leopardo (*Prionailurus bengalensis*), onde também apresentam uma exposição ao risco acima do recomendado pela Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA, sigla em inglês).

Embora haja estudos sobre o impacto dos pesticidas sobre diversas espécies, dentre todos os efeitos dos agrotóxicos sobre a biodiversidade, a diminuição da população de agentes polinizadores tem o potencial de provocar impactos irreversíveis em todo o ecossistema global. A maior parte destes agentes encontra-se na ordem *Hymenoptera* (que inclui abelhas, vespas, formigas), sendo que “as abelhas são os principais agentes polinizadores responsáveis por polinizar mais de 70% das angiospermas e cerca de um terço das culturas agrícolas” (Nocelli *et alii*, 2012 p.198). No caso específico do Brasil, a depender do ecossistema, as abelhas respondem entre 30% e 90% da polinização da flora nativa. De um modo geral “o desaparecimento dos polinizadores dos agroecossistemas deve-se principalmente ao uso incorreto e excessivo de agrotóxicos, que coloca em risco colônias de abelhas de matas próximas que visitam esse local ou que polinizam áreas de cultivo, pois seus resíduos ficam nas flores e contaminam o néctar e o pólen” (Nocelli *et alii*, 2012 p. 200).

Tanto Nocelli *et alii* (2012) como Sanchez-Bayo e Goka (2014) mostram que mesmo nos casos em que não ocorre o desaparecimento imediato das abelhas, há contaminação de colônias que eventualmente podem resultar na morte destas. Sanchez-Bayo e Goka (2014) fazem um trabalho ainda mais detalhado mostrando os riscos de contaminação de abelhas a partir do aumento da quantidade de inseticidas encontrados no pólen e néctar das flores, justamente as fontes de alimento direto das abelhas.

3. Riscos à Saúde Humana

Apesar da dificuldade em se obter o real impacto na saúde do uso de agrotóxicos dada sua complexidade (Carneiro *et al.*, 2015), evidências científicas têm identificado uma associação entre agrotóxicos (defensivos agrícolas) e efeitos agudos e crônicos na saúde humana (Moreira *et al.*, 2002; Faria *et al.*, 2005). Tais efeitos vêm atingindo não somente a população diretamente exposta a estes químicos, mas também toda a população da área em que os agrotóxicos são aplicados, via contaminação do ar, solo e água (Ochoa-Acuña *et al.*, 2009; Peres, 2003).

A exposição humana aos agrotóxicos pode se dar na ingestão de resíduos remanescentes destes produtos nos alimentos consumidos ou no processo produtivo agrícola (normalmente associada a falhas na aplicação). Os resíduos nos alimentos consumidos são objeto de acompanhamento regular da ANVISA através do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. Na produção agrícola, a contaminação pode se dar diretamente, dos trabalhadores envolvidos no trabalho nas lavouras, ou indiretamente como resultado dos resíduos contaminantes no meio ambiente.

Nesta seção trabalharemos os riscos à saúde humana, separando as intoxicações agudas e as doenças crônicas. Os casos agudos podem ocorrer pela via oral ou cutânea e surgem de forma súbita pouco tempo depois da exposição aos agrotóxicos. As doenças crônicas são aquelas que ocorrem após um longo período e, quase sempre, em decorrência de uma exposição continuada.

3.1. Intoxicações agudas

A exposição de um indivíduo, ou mesmo grupo de indivíduos, a uma substância nociva que provoque alterações em seu estado de saúde é caracterizada como uma intoxicação aguda. Existem três tipos de intoxicações agudas por agrotóxicos: as leves, as moderadas e as graves. O tipo de intoxicação está diretamente relacionada ao tipo e a quantidade de produto absorvido, oralmente ou pelo contato com a pele, do tempo de absorção e da demora para o atendimento médico. “Tal exposição geralmente é única e ocorre num período de até 24 horas, acarretando efeitos rápidos sobre a saúde. Neste contexto o estabelecimento da associação causa/efeito encontra-se facilitada” (Silva *et alli*, 2006).

A avaliação do grau de intoxicação depende, por suposto, de uma avaliação médica. De todo modo, o quadro a seguir apresenta a classificação de acordo com o *Protocolo de atenção à saúde dos trabalhadores expostos a agrotóxicos*, do Ministério da Saúde. Ressaltando apenas que, eventualmente e de acordo com o episódio de intoxicação, o quadro clínico pode evoluir de uma classificação para outra. (Silva *et alli*, 2006)

Tabela 6: Intoxicações agudas por Agrotóxicos

Tipo de Intoxicação Aguda	Quadro Clínico
Leve	Cefaleia, irritação da pele ou da mucosa, dermatite de contato irritativa ou por hipersensibilização, náusea e discreta tontura.
Moderada	Cefaleia intensa, náusea, vômitos, cólicas abdominais, tontura mais intensa, fraqueza generalizada, parestesia, dispneia, salivação e sudorese aumentadas.
Grave	Grave, caracterizado por miose, hipotensão, arritmias cardíacas, insuficiência respiratória, edema agudo de pulmão, pneumonite química, convulsões, alterações da consciência, choque, coma, podendo evoluir para óbito.

Fonte: Adaptado de Silva *et alli* (2006)

Em realidade, os sintomas variam de acordo a categoria dos pesticidas utilizados. Solomon *et alli* (2000) apresentam uma tabela, adaptada a seguir, com os principais sintomas agudos de acordo com a categoria do agrotóxico.

Tabela 7: Principais Sintomas de Intoxicações agudas associadas às principais categorias de Agrotóxicos

Categoria	Sintomas Agudos
Organofosfatos	Vômitos, diarreia, hipersecreção, broncoconstrição, cefaleia, fraqueza.
Carbamatos de n-metilo	Vômitos, diarreia, hipersecreção, broncoconstrição, cefaleia, fraqueza.
Piretrinas	Reações alérgicas, anafilaxia. Tremor, ataxia em doses muito altas.
Piretróides – Tipo I	Tontura, irritabilidade ao som ou ao toque, cefaleia, vômito, diarreia.
Tipo II – (ciano-piretróides)	Convulsões, tonturas, irritabilidade ao som ou ao toque, cefaleia, vômitos, diarreia.
Organoclorados	Perda de coordenação, tremores, parestesia, hiperestesia, cefaleia, tontura, náusea, convulsões.
Compostos clorofenoxi	Náusea e vômito, cefaleia, confusão, miotonia, febre baixa, acidose, alterações no eletrocardiograma, elevação dos níveis de creatina fosfoquinase, mioglobínúria.
Compostos dipiridil	Dor, diarreia, cefaleia, mialgias, necrose tubular aguda, edema pulmonar tardio, outros sintomas decorrentes da toxicidade neurológica.
Rodenticidas anticoagulantes	Sangramentos nasais, hematória, melena, equimoses.
Clorofenóis	Febre, tremor, sede, sudorese, taquicardia, hipercapnia, constrição torácica, dor abdominal.
Nitrofenóis e nitrocreossóis	Hipertermia, taquicardia, ansiedade, confusão, cefaleia, diaforese.
Fumigantes (Brometo de metilo)	Cefaleia, ataxia, tremor, agitação, distúrbios visuais, vômitos, convulsões, edema pulmonar
Fumigantes (Metam Sódio)	Irritação da membrana mucosa, edema pulmonar.

Fonte: Adaptado de Solomon *et al* (2000).

3.2. Doenças crônicas

As implicações da exposição crônica por defensivos agrícolas surgem devido à exposição continuada ao agente tóxico. Quando identificadas, são normalmente quadros irreversíveis ou de difícil reversão. Os quadros clínicos variam, são eventualmente confusos ou indefinidos, de difícil diagnóstico e com maior complexidade para estabelecer as relações de causa e efeito. Entretanto, há diversas doenças que apresentam casos com esta relação estabelecida. (Silva *et al*, 2006; Solomon *et al*, 2000)

Alguns exemplos de estudos que identificam as relações de causa e efeito entre enfermidades crônicas incluem diversas morbidades. A tabela a seguir procura sintetizar as principais doenças crônicas relacionadas ao uso de agrotóxicos com estudos científicos que comprovam as relações de causa e efeito. Todas as enfermidades indicadas na tabela apresentam mais de uma referência bibliográfica (algumas mais que dez referências como asma, mal formação congênita, leucemia e linfoma não Hodgkin, entre outras) que sustenta os achados que relacionam a doença com o uso de agrotóxicos. No entanto, de forma a simplificar a amostragem, deixamos apenas o estudo mais antigo tabulado, que serve também para ilustrar a quanto tempo o problema já foi identificado.⁵

⁵ Maiores detalhes e outras referências bibliográficas podem ser encontradas em Solomon *et al* (2000) e Mostafalou e Abdollahi (2013).

Tabela 8: Principais Enfermidades Crônicas com Relações de Causa e Efeito com Agrotóxicos Estabelecida

Enfermidade	Referência Bibliográfica
Alzheimer	Tyas et al. (2001)
Asma	Weiner (1961)
Aumento da prevalência de malformações congênitas	Gordon e Shy (1981)
Depressão e suicídio	Pires et al. (2005)
Desordens Reprodutivas	Gray et al. (1999)
Diabetes	Kouznetsova et al. (2007)
Disfunções no sistema endócrino	Roberts e Reigart (2013)
Doenças Autoimunes	Cooper et al. (2004)
Doenças Cardiovasculares	Morton et al. (1975)
Efeitos no desenvolvimento cognitivo de crianças	Ahlbom et al. (1995)
Esclerose lateral amiotrófica	McGuire et al. (1997)
Insuficiência Renal Crônica	Peiris-John et al. (2006)
Leucemia	Blair et al. (1983)
Linfoma de Hodgkin	Persson et al. (1993)
Linfoma não Hodgkin	Cantor (1982)
Melanoma	Wesseling et al. (1999)
Mieloma Múltiplo	Burmeister et al. (1983)
Neoplasia Cerebral	Gold et al. (1979)
Neoplasia da Mama	Safe e Zacharewski (1997)
Neoplasia da Próstata	Delzell e Grufferman (1985)
Neoplasia na Tireoide	Saracci et al. (1991)
Neoplasia no Fígado e Vesícula Biliar	Brown (1992)
Neoplasia no Pâncreas	Garabrant et al. (1992)
Neoplasia no Sistema Digestivo	Forastiere et al. (1993)
Neoplasia no Trato Respiratório	Barthel (1981)
Neoplasia no Trato Urinário	Olshan et al. (1993)
Neoplasia nos Testículos	Mills et al. (1984)
Neoplasia Óssea	Holly et al. (1992)
Neuroblastoma	Littorin et al. (1993)
Outras doenças respiratórias relacionadas à exposição a agrotóxicos	Lings (1982)
Outras neoplasias	Wiklund (1983)
Outros efeitos neurocognitivos	Anger et al. (1986)
Parkinson	Davis et al. (1978)
Parto prematuro e baixo peso ao nascer	Bonzini et al. (2006)
Pré-eclâmpsia	Bonzini et al. (2006)
Sarcomas	Magnani et al. (1989)

Fonte: Elaboração própria.

4. Aproximações para estimativas dos custos externos do uso de agrotóxicos

Parece consensual que os agrotóxicos produzem externalidades que afetam tanto o meio ambiente quanto a saúde humana. Do ponto de vista econômico, alguns autores procuraram estudar estes custos externos e realizar algumas aproximações. Pimentel *et alli* (1993) apontaram um custo socioambiental do uso de agrotóxicos no EUA em US\$ 8,123 bilhões anuais. Posteriormente a estimativa foi atualizada para US\$ 9,645 bilhões de custos anuais decorrentes destas externalidades (Pimentel, 2005), isto sem incluir cerca de US\$ 3 bilhões decorrentes da resistência aos pesticidas e da destruição dos inimigos naturais, por entender que estes custos são internalizados pelos usuários de agrotóxicos.

Um dos principais estudos na área é a pesquisa de Pretty *et alli* (2000), que encontra um custo externo anual de £ 2,34 bilhões para a agricultura (inclui externalidades não decorrentes do uso) no Reino Unido. A partir dos custos externos efetivamente encontrados por Pretty *et alli* (2000, 2001), Leach e Mumford (2008, 2011) desenvolveram uma ferramenta para realizar a contabilidade ambiental de um pesticida específico para Reino Unido, Estados Unidos e Alemanha. O problema da ferramenta é que ela se aplica a produtos específicos em culturas específicas, sendo de muito difícil extrapolação para nível nacional sem uma adequada base de dados que contemple estas informações detalhadas analiticamente. Ainda assim, a partir deste instrumental, Praneetvatakul *et alli* (2013) estimaram em US\$ 352,7 milhões por ano os custos externos dos agrotóxicos na Tailândia.

Alguns estudos analisaram apenas os custos decorrentes dos impactos dos pesticidas na saúde humana. Fantke *et al.* (2012) tentam uma aproximação dos custos para a saúde do uso de agrotóxicos na Europa e chegam a um valor anual de aproximadamente 78,4 milhões de Euros. Na única pesquisa para o caso brasileiro, Soares Porto (2012) apresentam uma estimativa de custo, apenas para os casos de intoxicações agudas no estado do Paraná, que chega a aproximadamente US\$ 149 milhões por ano.

De uma forma ou de outra, a maior dificuldade para a realização de estimativas para o custo externos do uso de agrotóxicos seria a ausência de uma base de dados adequada aos estudos prévios existentes. Embora existam associações entre diversas enfermidades e o uso de pesticidas, é impossível saber qual caso de determinada doença está ou não diretamente relacionada ao uso de algum agrotóxico sem uma análise individualizada, pois muitas vezes o diagnóstico e as relações causais não ficam evidentes. Ademais, os custos referentes aos impactos na saúde humana se restringiriam ainda aos gastos hospitalares (ou algo equivalente) e, eventualmente, a remuneração dos dias em que o paciente ficaria incapacitado ao trabalho, mas qual o valor de uma vida humana perdida em decorrência destas doenças?

5. Conclusões

De um modo geral, entendemos os sérios riscos impostos pelo uso de agrotóxicos na produção de alimentos. Ainda que as externalidades sejam de mensuração extremamente difícil, os impactos do uso de pesticidas tanto no meio ambiente quanto na saúde humana são categóricos.

A contaminação de todos os compartimentos ambientais provoca desequilíbrios nos ecossistemas. O solo perde fertilidade, a água é contaminada, poluentes persistentes se depositam na natureza em lugares muitas vezes distantes de onde foram utilizados os pesticidas. As perdas na biodiversidade são de tal ordem que oferecem risco a ecossistemas globais.

O risco de contaminação dos trabalhadores diretamente envolvidos no uso dos pesticidas existe. No entanto, não apenas quem manipula estes produtos vive uma situação de risco. Ela se estende à população da área em que os agrotóxicos são aplicados, via contaminação do ar, solo e água. E, embora não haja estudos detalhados sobre o impacto via consumo, os resíduos destes produtos em alimentos (muitas vezes acima do tolerável e de formulações proibidas) (Anvisa, 2019) coloca em perigo toda a população.

A pergunta que resta é por que diante destes efeitos adversos os produtores rurais continuam a usar estes produtos? Wilson e Tisdell (2001) procuraram responder esta pergunta e apresentam algumas razões. A primeira é que os retornos obtidos com o uso de pesticidas em um determinado período supera de tal ordem o retorno da não utilização dos mesmos, ainda que se considere que ao longo do tempo esses retornos caiam e venham a ser superados pelos rendimentos de uma produção orgânica. Dito de outra forma, considerando um determinado período, o valor presente líquido da produção com agrotóxicos é maior que da produção sem o seu uso.

A segunda razão seria que ao adotar-se um sistema produtivo dependente dos agrotóxicos, os rendimentos agrícolas acabam dependentes deles, ainda que com custos muito altos. Isso acaba por criar uma barreira econômica que impede a adoção de uma alternativa de produção orgânica. Um outro fator de influência seria “que uma vez adotada a estratégia do controle químico de pragas, a quantidade de recursos gastos em P&D para o desenvolvimento de pesticidas tem aumentado ao passo que diminuem os mesmos recursos para o desenvolvimento do manejo integrado de praga” (Wilson e Tisdell, 2001, p. 458). Deste modo, os autores apontam que os agricultores ficariam presos numa armadilha de um sistema produtivo baseado em agrotóxicos. Num cenário como o brasileiro, os diversos incentivos fiscais existentes aos agrotóxicos agravam a situação descrita.

6. Referências

AHLBOM, J.; FREDRIKSSON, A.; ERIKSSON, P. Exposure to an organophosphate (DFP) during a defined period in neonatal life induces permanent changes in brain muscarinic receptors and behaviour in adult mice. In: **Brain Research**, v. 677, n. 1, p. 13-19, 1995.

ALMEIDA, C. A.. **Novo Marco Regulatório para a Avaliação Toxicológica de Agrotóxicos**. 22 de jul. 2019. Disponível em <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/219201/4340788/Apresenta%C3%A7%C3%A3o+agrot%C3%B3xicos+Dicol/3e2ee4c0-0179-485b-a30b-27d9eaff696b>>. Acesso em 30/09/2019.

Anger, W. K.; Moody, L.; Burg, J.; Brightwell, W. S.; Taylor, B. J.; Russo, J. M.; Dickerson N.; Setzer, J. V.; Johnson, B. L.; Hicks, K. Neurobehavioral evaluation of soil and structural fumigators using methyl bromide and sulfuryl fluoride. In: **Neurotoxicology**, v. 7, n. 3, p. 137-156, 1986.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Publicada reclassificação toxicológica de agrotóxicos**. Publicado em 01 de ago. 2019, atualizado em 08 ago. 2019. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=5568958&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=anvisa-aprova-novo-marco-regulatorio-para-agrotoxicos&inheritRedirect=true> Acesso 30 set. 2019.

_____, Gerência Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Relatório das Amostras Analisadas no Período 2017-2018. Primeiro Ciclo do Plano Plurianual 2017-2020. Brasília, DF: Anvisa, 2019. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+E2%80%93+PARA+2017-2018_Final.pdf/e1d0c988-1e69-4054-9a31-70355109acc9>. Acesso em 31 jan. 2020.

BARTHEL, E. Increased risk of lung cancer in pesticide-exposed male agricultural workers. In: **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues**, v. 8, n. 5-6, p. 1027-1040, 1981.

BAUMOL, W. J.; OATES, W. E. **The theory of environmental policy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

Blair, A.; Grauman, D. J.; Lubin, J. H.; Fraumeni Jr., J. F. Lung cancer and other causes of death among licensed pesticide applicators. In: **Journal of the National Cancer Institute**, v. 71, n. 1, p. 31-37, 1983.

Bonzini, M.; Coggon, D.; Palmer, K. T.. Risk of prematurity, low birthweight and pre-eclampsia in relation to working hours and physical activities: a systematic review. In: **Occupational and environmental medicine**, v. 64, n. 4, p. 228-243, 2007. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1136/oem.2006.026872>>. Acesso em 2 fev. 2020.

BROWN, D. P. Mortality of workers employed at organochlorine pesticide manufacturing plants—an update. In: **Scandinavian journal of work, environment & health**, p. 155-161, 1992.

Burmeister, L. F.; Everett, G. D.; Van Lier, S. F.; Isacson, P. Selected cancer mortality and farm practices in Iowa. In: **American Journal of Epidemiology**, v. 118, n. 1, p. 72-77, 1983.

CANTOR, K. P. Farming and mortality from non-Hodgkin's lymphoma: A case-control study. In: **International journal of cancer**, v. 29, n. 3, p. 239-247, 1982.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C.. (org.) **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. Disponível em <http://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf>. Acesso em 27 jul. 2015.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969.

Cooper, G. S.; Parks, C. G.; Treadwell, E. L.; St Clair, E. W.; Gilkeson, G. S.; Dooley, M. A. Occupational risk factors for the development of systemic lupus erythematosus. In: **The Journal of rheumatology**, v. 31, n. 10, p. 1928-1933, 2004.

DANTAS, C.. Projeto de lei quer mudar legislação dos agrotóxicos no Brasil; entenda. In: *G1 – O Portal de Notícias da Globo*. 26/06/2018. Disponível em <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/projeto-de-lei-quer-mudar-legislacao-dos-agrotoxicos-no-brasil-entenda.ghtml>>. Acesso 28/06/2018.

DAVIS, K. L.; YESAVAGE, J. A.; BERGER, P. A. Single case study. Possible organophosphate-induced parkinsonism. In: **The Journal of nervous and mental disease**, v. 166, n. 3, p. 222-225, 1978.

DELZELL, E.; GRUFFERMAN, S. Mortality among white and nonwhite farmers in North Carolina, 1976–1978. In: **American journal of epidemiology**, v. 121, n. 3, p. 391-402, 1985.

DORES, E. F. G. de C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. In: **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, 1999. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/39598/24349>>. Acesso em: 16 jan. 2020.

FANTKE, P.; FRIEDRICH, R.; JOLLIET, O. Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. In: **Environment international**, v. 49, p. 9-17, 2012. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.envint.2012.08.001>>. Acesso em 31 jan. 2020.

FARIA, N. M. X.; FACCHINI, L. A.; FASSA, A. G.; TOMASI, E.. Pesticides and respiratory symptoms among farmers. In: **Revista de saúde pública**, v. 39, p. 973-981, 2005.

Fendri, C.; Mechri, A.; Khiari, G.; Othman, A.; Kerkeni, A.; Gaha, L. Oxidative stress involvement in schizophrenia pathophysiology: a review. In: **L'Encephale**, v. 32, n. 2 Pt 1, p. 244-252, 2006.

Forastiere, F.; Quercia, A.; Miceli, M.; Settimi, L.; Terenzoni, B.; Rapiti, E.; Faustini, A.; Borgia, P.; Cavariani, F.; Perucci, C. A. Cancer among farmers in central Italy. In: **Scandinavian journal of work, environment & health**, p. 382-389, 1993.

Garabrant, D. H.; Held, J.; Langholz, B.; Peters, J. M.; Mack, T. M. DDT and related compounds and risk of pancreatic cancer. In: **Journal of the National Cancer Institute**, v. 84, n. 10, p. 764-771, 1992.

GIBBS, K. E.; MACKEY, R. L.; CURRIE, D. J. Human land use, agriculture, pesticides and losses of imperiled species. In: **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 2, p. 242-253, 2009. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1472-4642.2008.00543.x>>. Acesso em 01 fev. 2020.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. In: **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 28, p. 5183-5193, 2005. Disponível em <<http://sci-hub.tw/10.1016/j.atmosenv.2005.05.019>>. Acesso em 10 jan. 2020.

Gold, E.; Gordis, L.; Tonascia, J.; Szklo, M. Risk factors for brain tumors in children. In: **American journal of epidemiology**, v. 109, n. 3, p. 309-319, 1979.

GORDON, J. E.; SHY, C. M. Agricultural chemical use and congenital cleft lip and/or palate. In: **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 36, n. 5, p. 213-221, 1981.

Gray, L. E.; Jr., Ostby, J.; Monosson, E.; Kelce, W. R. Environmental antiandrogens: low doses of the fungicide vinclozolin alter sexual differentiation of the male rat. In: **Toxicology and industrial health**, v. 15, n. 1-2, p. 48-64, 1999.

HERNÁNDEZ, A. F.; PARRÓN, T.; ALARCÓN, R. Pesticides and asthma. In: **Current opinion in allergy and clinical immunology**, v. 11, n. 2, p. 90-96, 2011.

Holly, E. A.; Aston, D. A.; Ahn, D. K.; Kristiansen, J. J. Ewing's bone sarcoma, paternal occupational exposure, and other factors. In: **American journal of epidemiology**, v. 135, n. 2, p. 122-129, 1992.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis. **Nota Técnica nº 2/2018/DIQUA**. IBAMA, 2018. Disponível em <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias/noticias2018/SEI_02000.000406_2016_93.pdf>. Acesso em 28/06/2018.

----- **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Última atualização em 01 nov. 2019. Disponível em <<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em 03 fev. 2020.

Kavitha, V.; Anandhan, R.; Alharbi, N. S.; Kadaikunnan, S.; Khaled, J. M.; Almanaa, T. N.; Govindarajan, M. Impact of pesticide monocrotophos on microbial populations and histology of intestine in the Indian earthworm *Lampito mauritii* (Kinberg). In: **Microbial pathogenesis**, v. 139, p. 103893, 2020. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.micpath.2019.103893>>. Acesso em 11 fev. 2020.

Kouznetsova, M.; Huang, X.; Ma, J.; Lessner, L.; Carpenter, D. O. Increased rate of hospitalization for diabetes and residential proximity of hazardous waste sites. In: **Environmental health perspectives**, v. 115, n. 1, p. 75-79, 2007.

Krief, S.; Berny, P.; Gumisiriza, F.; Gross, R.; Demeneix, B.; Fini, J. B.; Chapman, C. A.; Chapman, L. J.; Seguya, A.; Wasswa, J. Agricultural expansion as risk to endangered wildlife: Pesticide exposure in wild chimpanzees and baboons displaying facial dysplasia. In: **Science of the Total Environment**, v. 598, p. 647-656, 2017. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.scitotenv.2017.04.113>>. Acesso em 02 fev. 2020.

Lal, R.; Stewart, B. A.. Soil Processes and Water Quality In: **Advances in soil Science**. Florida: CRC Press Inc., p. 409 – 427. 1994.

LEACH, A. W.; MUMFORD, J. D. Pesticide environmental accounting: a method for assessing the external costs of individual pesticide applications. In: **Environmental Pollution**, v. 151, n. 1, p. 139-147, 2008. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.envpol.2007.02.019>>. Acesso em 10 jul. 2019.

..... Pesticide environmental accounting: a decision-making tool estimating external costs of pesticides. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v. 6, n. 1, p. 21-26, 2011. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/146459735.pdf>>. Acesso em 10 jul. 2019.

Lemaire, G.; Balaguer, P.; Michel, S.; Rahmani, R. Activation of retinoic acid receptor-dependent transcription by organochlorine pesticides. In: **Toxicology and applied pharmacology**, v. 202, n. 1, p. 38-49, 2005.

Liao, J. Y.; Fan, C.; Huang, Y. Z.; Pei, K. J. C. Distribution of residual agricultural pesticides and their impact assessment on the survival of an endangered species. In: **Journal of Hazardous Materials**, p. 121871, 2019. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.jhazmat.2019.121871>>. Acesso em 10 jan. 2020.

LINGS, S. Pesticide lung: a pilot investigation of fruit-growers and farmers during the spraying season. In: **Occupational and Environmental Medicine**, v. 39, n. 4, p. 370-376, 1982.

Littorin, M.; Attewell, R.; Skerfving, S.; Horstmann, V.; Möller, T. Mortality and tumour morbidity among Swedish market gardeners and orchardists. In: **International archives of occupational and environmental health**, v. 65, n. 3, p. 163-169, 1993.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de.. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v. 42, p. 518-534, 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042018000200518&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 jul. 2019.

Magnani, C.; Pastore, G.; Luzzatto, L.; Carli, M.; Lubrano, P.; Terracini, B. Risk factors for soft tissue sarcomas in childhood: a case-control study. In: **Tumori Journal**, v. 75, n. 4, p. 396-400, 1989.

MCGUIRE, V.; Longstreth Jr, W. T.; Nelson, L. M.; Koepsell, T. D.; Checkoway, H.; Morgan, M. S.; van Belle, G. Occupational exposures and amyotrophic lateral sclerosis. A population-based case-control study. In: **American journal of epidemiology**, v. 145, n. 12, p. 1076-1088, 1997.

MELO, L. Brasil usa 500 mil toneladas de agrotóxicos por ano, mas quantidade pode ser reduzida, dizem especialistas. In: **Portal G1**. Globo Comunicação e Participações S.A. Publicado em 27 mai. 2019. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/05/27/brasil-usa-500-mil-toneladas-de-agrotoxicos-por-ano-mas-quantidade-pode-ser-reduzida-dizem-especialistas.ghtml>>. Acesso em 20 ago. 2019.

MENTEN, J. O. Consumo de produtos fitossanitários no Brasil. In: **Casa do Produtor Rural ESALQ/USP**. 14 de abr. de 2016. Disponível em <<http://www.esalq.usp.br/cprural/artigos/mostra/96/consumo-de-produtos-fitossanitarios-no-brasil.html>>. Acesso em 05 jan. 2018.

MILLS, P. K.; NEWELL, G. R.; JOHNSON, D. E. Testicular cancer associated with employment in agriculture and oil and natural gas extraction. In: **The Lancet**, v. 323, n. 8370, p. 207-210, 1984.

MINGO, V.; LÖTTERS, S.; WAGNER, N. Risk of pesticide exposure for reptile species in the European Union. In: **Environmental Pollution**, v. 215, p. 164-169, 2016. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.envpol.2016.05.011>>. Acesso em 15 jan. 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Registros concedidos - 2005 - 2019**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/registrosConcedidos20052019281219.xlsx>>. Acesso em 07/02/2020.

MODZELESKI, A.; VIVAS, F.. Comissão especial da Câmara aprova projeto que flexibiliza o uso de agrotóxico. In: **G1 – O Portal de Notícias da Globo**. 25/06/2018. Disponível em <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/projeto-de-lei-quer-mudar-legislacao-dos-agrotoxicos-no-brasil-entenda.ghtml>>. Acesso 28 jun. 2018.

MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. In: **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, p. 299-311, 2002.

MRETTO, A. Indoor spraying with the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin: effects on spraymen and inhabitants of sprayed houses. In: **Bulletin of the World Health Organization**, v. 69, n. 5, p. 591, 1991.

Morton, W. E.; Crawford, E. D.; Maricle, R. A.; Douglas, D. D.; Freed, V. H. Hypertension in Oregon pesticide-formulating workers. In: **Journal of occupational medicine.: official publication of the Industrial Medical Association**, v. 17, n. 3, p. 182-185, 1975.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. In: **Toxicology and applied pharmacology**, v. 268, n. 2, p. 157-177, 2013.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Liberção recorde reacende debate sobre uso de agrotóxicos no Brasil. Entenda.** Publicado em 26 jul. 2019. Disponível em <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/07/liberacao-recorde-reacende-debate-sobre-uso-de-agrotoxicos-no-brasil-entenda>>. Acesso em 05 ago. 2019.

NETTO, G. F.; MENEZES, M. A. C. **Nota Técnica. Assunto: Análise do Projeto de Lei nº. 6.299/2002.** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2018. Disponível em <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/nota_tecnica_pl_agrotoxicos.pdf>. Acesso em 28 jun. 2018.

NOCELLI, R. C. F.; ROAT, T. C.; ZACARIN, E. C. M. da S.; MALASPINA, O. Riscos de pesticidas sobre as abelhas. In: **Semana dos Polinizadores**, v. 3, 2012. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69299/1/Roberta.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2020.

OCHOA-ACUÑA, H.; FRANKENBERGER, J.; HAHN, L.; CARBAJO, C. Drinking-water herbicide exposure in Indiana and prevalence of small-for-gestational-age and preterm delivery. In: **Environmental health perspectives**, v. 117, n. 10, p. 1619-1624, 2009.

Ogbeide, O.; Uhunamure, G.; Uwagboe, L.; Osakpamwan, T.; Glory, M.; Chukwuka, A. Comparative gill and liver pathology of Tilapia zilli, Clarias gariepinus and Neochanna diversus in owan river (Nigeria): Relative ecological risks of species in a pesticide-impacted river. In: **Chemosphere**, v. 234, p. 1-13, 2019. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.chemosphere.2019.06.055>>. Acesso em 10 jan. 2020.

Olshan, A. F.; Breslow, N. E.; Falletta, J. M.; Grufferman, S.; Pendergrass, T.; Robison, L. L.; Waskerwitz, M.; Woods, W. G.; Vietti, T. J.; Hammond, G. D. Risk factors for Wilms tumor: report from the National Wilms Tumor Study. In: **Cancer**, v. 72, n. 3, p. 938-944, 1993.

Peiris-John, R. J.; Wanigasuriya, J. K.; Wickremasinghe, A. R.; Dissanayake, W. P.; Hittarage, A. Exposure to acetylcholinesterase-inhibiting pesticides and chronic renal failure. In: **The Ceylon medical journal**, v. 51, n. 1, p. 42-43, 2006.

Persson, B.; Fredriksson, M.; Olsen, K.; Boeryd, B.; Axelson, O. Some occupational exposures as risk factors for malignant lymphomas. In: **Cancer**, v. 72, n. 5, p. 1773-1778, 1993.

PIMENTEL, D. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In: **Environment, development and sustainability**. v. 7 p. 229–252, 2005.

Pimentel, D.; Acquay, H.; Biltonen, M.; Rice, P.; Silva, M.; Nelson, J.; Lipner, V.; Giordano, S.; Horowitz, A.; D'amore, M. Assessment of environmental and economic impacts of pesticide use. In: **The pesticide question**. Boston, MA: Springer, 1993. p. 47-84

PIMENTEL, D.; MCLAUGHLIN, L.; ZEPP, A.; LATIKAN, B.; KRAUS, T.; KLEINMAN, P.; VANCINI, F.; ROACH, W.J.; GRAAP, E.; KEETON, W.S.; SELIG, G. Environmental and economic impacts of reducing US agricultural pesticide use', In: PIMENTEL, D. (ed.), **Handbook on Pest Management in Agriculture**, Boca Raton, FL: CRC Press, 1991. P. 679–718.

PIRES, D. X.; CALDAS, E. D.; RECENA, M. C. P. Uso de agrotóxicos e suicídios no Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. In: **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 598-604, 2005. Disponível em <<https://www.scielosp.org/article/csp/2005.v21n2/598-604/>>. Acesso em 31 jan. 2020.

Praneetvatakul, S.; Schreinemachers, P.; Pananurak, P.; Tipraqsa, P. Pesticides, external costs and policy options for Thai agriculture. **Environmental Science & Policy**, v. 27, p. 103-113, 2013. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.envsci.2012.10.019>>. Acesso em 01 dez. 2020.

PRETTY, J. N.; BRETT, C.; GEE, D.; HINE, R. E.; MASON, C. F.; MORISON, J. I. L.; RAVEN, H.; RAYMENT, M. D.; VAN DER BIJL, G. An assessment of the total external costs of UK agriculture. In: **Agricultural systems**, v. 65, n. 2, p. 113-136, 2000. Disponível em <[https://sci-hub.tw/10.1016/S0308-521X\(00\)00031-7](https://sci-hub.tw/10.1016/S0308-521X(00)00031-7)>. Acesso em 10 jul. 2018.

PRETTY, J. N.; BRETT, C.; GEE, D.; HINE, R. E.; MASON, C. F.; MORISON, J. I. L.; RAYMENT, M. D.; VAN DER BIJL, G.; DOBBS, T. Policy challenges and priorities for internalizing the externalities of modern agriculture. In: **Journal of environmental planning and management**, v. 44, n. 2, p. 263-283, 2001.

ROBERTS, J. R.; REIGART, J.R. **Recognition and Management of Pesticides Poisoning**. Washington, DC: Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency, 2013. Disponível em <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-01/documents/rmpp_6thed_final_lowresopt.pdf>. Acesso em 31 jan. 2020.

SANCHEZ-BAYO, F.; GOKA, K. Pesticide residues and bees—a risk assessment. In: **PloS one**, v. 9, n. 4, 2014. Disponível em <<https://kopernio.com/viewer?doi=10.1371/journal.pone.0094482&token=WzE4NDU2MzEsljEwLjEzNzEvam91cm5hbC5wb25lLjAwOTQ0ODliXQ.Zk6QQoiQXobcsyXgNSOVVPnFp-KE>>. Acesso em 05 fev. 2020.

SAFE, S. H.; ZACHAREWSKI, T. Organochlorine exposure and risk for breast cancer. In: **Progress in clinical and biological research**, v. 396, p. 133-145, 1997.

SANYAL, S.; LAW, A.; LAW, S. Chronic pesticide exposure and consequential keratectasia & corneal neovascularisation. In: **Experimental eye research**, v. 164, p. 1-7, 2017. Disponível em <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.exer.2017.08.002>>. Acesso em 31 jan. 2020.

Saracci, R.; Kogevinas, M.; Winkelmann, R.; Bertazzi, P. A.; de Mesquita, B. B.; Coggon, D.; Gree, L. M.; Kauppinen, T.; L'Abbé, K. A.; Littorin, M.; Lynge, E.; Mathews, J. D.; Neuberger, M.; Osman, J.; Pearce, N. Cancer mortality in workers exposed to chlorophenoxy herbicides and chlorophenols. In: **The Lancet**, v. 338, n. 8774, p. 1027-1032, 1991.

SILVA, J. M.; FARIA, H. P. de; SILVA, E. N.; PINHEIRO, T. M. M.. **Protocolo de atenção à saúde dos trabalhadores expostos a agrotóxicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_agrotoxicos.pdf>. Acesso em 05 jan. 2019.

Silva, L. A.; Carvalho, L. S.; Lopes, W. A.; Pereira, P. A. P.; Andrade, J. B. Solubilidade e Reatividade de Gases. In: **Química Nova**, v. 40, n. 7, p. 824-832, 2017. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v40n7/0100-4042-qn-40-07-0824.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2020

SIQUEIRA, D. F.; MOURA, R. M.; LAURENTINO, G. E. C.; ARAÚJO, A. J.; CRUZ, S. L. Análise da exposição de trabalhadores rurais a agrotóxicos. In: **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 26, n. 2, p. 182-191, 2013. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40828920005>>. Acesso em 10 out. 2018.

SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. 2010. 163 f. (Doutorado em Ciências). Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, Rio de Janeiro. 2010.

SOARES, W. L.; CUNHA, L. N., PORTO, M. F. S. **Uma política de Incentivo fiscal a agrotóxicos no Brasil é injustificável e insustentável**. Relatório produzido pela Abrasco através do GT Saúde e Ambiente, com o apoio do Instituto Ibirapitanga. Rio de Janeiro: Abrasco, 2020. Disponível em <<https://www.abrasco.org.br/site/wp-content/uploads/2020/02/Relat%C3%B3rio-Abrasco-Desonera%C3%A7%C3%A3o-Fiscal-Agrot%C3%B3xicos-12.02.2020.pdf>>. Acesso em 13 fev. 2020.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. In: **Revista de Saúde Pública**, v. 46, n. 2, p. 209-217, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102012000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 28 jul. 2015.

SOLOMON, G.; OGUNSEITAN, O. A.; KIRSCH, J.. **Pesticides and Human Health: A Resource for Health Care Professionals**. Santa Monica, CA: Physicians for Social Responsibility; San Francisco, CA: Californians for Pesticide Reform, 2000.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. de. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTECA-E), 2004.

Tyas, S. L.; Manfreda, J.; Strain, L. A.; Montgomery, P. R. Risk factors for Alzheimer's disease: a population-based, longitudinal study in Manitoba, Canada. In: **International journal of epidemiology**, v. 30, n. 3, p. 590-597, 2001.

Unsworth, J. B.; Wauchope, R. D.; Klein, A.W.; Dorn, E.; Zeeh, B.; Yeh, S. M.; AKERBLOM, m.; RACKE, K. D.; Rubin, B. Significance of the long range transport of pesticides in the atmosphere. In: **Pure and applied chemistry**, v. 71, n. 7, p. 1359-1383, 1999. Disponível em <<http://sci-hub.tw/10.1351/pac199971071359>>. Acesso em 05 fev. 2020.

WEINER, A. Bronchial asthma due to the organic phosphate insecticides; a case report. In: **Annals of allergy**, v. 19, p. 397-401, 1961.

Wesseling, C.; Antich, D.; Hogstedt, C.; Rodriguez, A. C.; Ahlbom, A. Geographical differences of cancer incidence in Costa Rica in relation to environmental and occupational pesticide exposure. In: **International journal of Epidemiology**, v. 28, n. 3, p. 365-374, 1999.

WIK, M.; PINGALI, P.; BROCAI, S. **Global agricultural performance: past trends and future prospects**. World Bank, 2008. Disponível em <http://siteresources.worldbank.org/INTWDRS/Resources/477365-1327599046334/8394679-1327599874257/Pingali-Global_Agricultural_Performance.pdf>. Acesso em 05 ago. 2019.

WIKLUND, K. Swedish agricultural workers: a group with a decreased risk of cancer. In: **Cancer**, v. 51, n. 3, p. 566-568, 1983.

WILSON, C.; TISDELL, C.. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. In: **Ecological economics**, v. 39, n. 3, p. 449-462, 2001. Disponível em <[https://sci-hub.tw/10.1016/s0921-8009\(01\)00238-5](https://sci-hub.tw/10.1016/s0921-8009(01)00238-5)>. Acesso em 10 jul. 2019.

Ziech, D.; Franco, R.; Pappa, A.; Malamou-Mitsi, V.; Georgakila, S.; Georgakilas, A. G.; Panayiotidis, M. I. The role of epigenetics in environmental and occupational carcinogenesis. In: **Chemico-Biological Interactions**, v. 188, n. 2, p. 340-349, 2010.

An externalities analysis of pesticide use

Recebido 28-fev-20 **Aceito** 14-abr-20

Resumo: O presente trabalho pretende apresentar um quadro geral do uso de agrotóxicos no Brasil para a partir daí realizar uma revisão analítica das externalidades provocadas pelo uso destes produtos. A discussão apresentará uma síntese dos principais trabalhos sobre o tema destacando tanto os danos ao capital natural quanto à saúde humana.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Externalidades, Agricultura.

Abstract: *This work intends to present a general picture of the use of pesticides in Brazil in order to carry out an analytical review of the externalities caused by the use of these products. The discussion will present a synthesis of the main works on the theme, highlighting both the damage to natural capital and human health.*

Keywords: *Pesticides, Externalities, Agriculture.*
