

AGROTÓXICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL

Matheus Bertolino Motta^{1*}
Beatriz Corrêa Thomé de Deus¹
Ágata Cristina Lima Dias¹
Sue Ellen Costa Bottrel¹
Emanuel Manfred Freire Brandt¹
Renata de Oliveira Pereira¹

Universidade Federal de Juiz de Fora¹
*matheus.motta@engenharia.ufjf.br

RESUMO

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos no mundo, os quais são empregados com o intuito de melhorar a produtividade das culturas. Contudo, tais produtos podem oferecer efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente. Visando obter um panorama da possível contaminação das águas da bacia do Rio Paraíba do Sul por esses produtos, foi realizado um estudo bibliográfico considerando os agrotóxicos mais vendidos nos três estados do Sudeste que compõem a bacia em questão: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A seleção dos compostos estudados nesse trabalho ocorreu em função da comercialização, abordagem ou não nas legislações vigentes e autorização de uso nas culturas mais praticadas na região da bacia hidrográfica avaliada. Considerando a toxicidade, a dinâmica e periculosidade ambiental, ao todo foram selecionados 15 compostos com maior relevância para estudos futuros sobre a ocorrência na bacia do Rio Paraíba do Sul. Os compostos selecionados representam mais de 55% das vendas de Ingredientes Ativos nos estados selecionados entre os anos de 2009 e 2016. Apesar da relevância do tema não foi encontrado um número expressivo de trabalhos que tratam sobre a ocorrência de agrotóxicos na bacia do Rio Paraíba do Sul, bem como dados disponibilizados pelas agências responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos. Tais substâncias são empregadas de maneira mais significativa na agricultura, podendo também serem utilizadas na produção industrial, no manejo florestal, na silvicultura, no controle de algas, na saúde pública, entre outros. A região Sudeste é a que apresenta maior comercialização de agrotóxicos, destacando-se o estado de São Paulo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). De acordo com o Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA, 2017) há alternativas à utilização de agrotóxicos e algumas práticas consideradas mais sustentáveis são a rotação de culturas, o plantio direto e o uso de agentes biológicos. Ainda assim, percebe-se que a venda de agrotóxicos torna-se mais expressiva a cada ano, conforme os boletins publicados anualmente pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente - IBAMA (2018).

Os agrotóxicos consistem em um risco eminente para as áreas nas quais estão sendo usados, já que podem ser lixiviados atingindo as águas subterrâneas e superficiais. Considerando a vida aquática local, tem-se que tais substâncias podem afetá-la diretamente e o grau de acumulação varia em função das características físicas e químicas da substância, bem como da tipologia de cadeia alimentar (AMÉRICO et al., 2015 apud SPACIE; HAMELINK, 1985). Já os seres humanos podem ser afetados por meio da ingestão de água e alimentos contaminados, além do risco direto para os agricultores que lidam com os produtos (OMS, 1996).

Os agrotóxicos apresentam toxicidade intrínseca, podendo desencadear efeitos nocivos à saúde humana e, em função de fatores tais como ingrediente ativo, dose absorvida e forma de exposição, as consequências podem ser maiores ou menores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

A Lei Federal nº 7802 de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989) dispõe sobre a 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 de agrotóxicos, seus componentes e afins. A partir da referida Lei, foi estabelecido que o registro e o uso de agrotóxicos no Brasil só podem ocorrer mediante avaliação ambiental. A avaliação ambiental de agrotóxicos divide-se em duas vertentes: avaliação de risco ambiental (ARA) e avaliação do potencial de periculosidade ambiental (APPA). A primeira delas encontra-se em fase de implementação é utilizada apenas em

casos específicos e para determinados tipos de produtos, já que sua adoção de maneira mais efetiva é inviabilizada devido a dificuldades técnicas (IBAMA, 2012). Como exemplo da aplicabilidade, pode-se destacar a análise dos efeitos causados por alguns compostos em determinadas espécies, tais como abelhas (IBAMA, 2017). Em relação à APPA, tem-se que vem sendo adotada de maneira sistemática desde 1990, ano referente à edição do primeiro Decreto Regulamentador da Lei de Agrotóxicos (IBAMA, 2012).

A Lei nº 7802 de 11 de julho de 1989, regulamentada pelo Decreto nº 4.070 de 4 de janeiro de 2002 dispõe sobre os agrotóxicos, desde sua experimentação até a destinação final das embalagens nas quais são acondicionados (BRASIL, 1989). As resoluções CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 e CONAMA 396 de 3 de abril de 2008, bem como a PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, ANEXO XX estabelecem valores máximos para a ocorrência de agrotóxicos em águas superficiais, subterrâneas e tratadas, respectivamente (BRASIL, 2005; BRASIL, 2008; BRASIL, 2017). Tais valores são estipulados a fim de não comprometer a biota e a saúde da população, devendo ser respeitados.

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico da toxicidade, dinâmica e periculosidade ambiental dos agrotóxicos mais empregados na bacia do rio Paraíba do Sul e da ocorrência desses agrotóxicos em águas subterrâneas e superficiais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (BHPS) é parte integrante da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste e possui área de drenagem de aproximadamente 55500 km², estendendo-se através de três dos quatro estados da região Sudeste - Minas Gerais - MG, Rio de Janeiro - RJ e São Paulo - SP (AGEVAP, 2006). O principal rio da bacia, o qual leva seu nome, possui extensão total superior a 1100 km, sendo formado por meio da junção dos rios Paraibuna e Paraitinga. Os principais rios formadores da margem direita da referida bacia são o rio Pirai, rio Pirabanha e Dois Rios. Em relação à margem esquerda, podem-se destacar os rios Paraibuna, Pomba e Muriaé (DEMANBORO, 2015). A agricultura está presente na bacia do Rio Paraíba do Sul em uma área irrigada de 123.734 ha e ocorre em determinadas regiões, fazendo-se intenso uso de fertilizantes e defensivos agrícolas (CEIVAP, 2018).

Seleção dos Agrotóxicos

A seleção dos agrotóxicos alvo deste estudo baseou-se nos seguintes critérios:

- Levantamento das culturas mais utilizadas na área de estudo de acordo com a ANA - Agência Nacional das Águas (2005) e com o Comitê de Integração da BHPS - CEIVAP (2018)
- Levantamento dos 15 Ingredientes Ativos (IA) mais vendidos nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo de 2009 até 2016.
- Entre os compostos que integraram a lista anterior, buscou-se aqueles contemplados nas legislações vigentes (CONAMA 357 de 2005, CONAMA 396 de 2008 e PRC nº 5, ANEXO XX de 2017);
- Para os compostos integrantes da lista de mais vendidos nos estados supracitados, mas que não são abrangidos pelas legislações vigentes, verificou-se a classificação toxicológica segundo a ANVISA (2008). Os compostos que apresentaram classificação I ou II foram selecionados.

Dinâmica e Periculosidade Ambiental

A dinâmica ambiental dos compostos foi obtida a partir de trabalhos acadêmicos e de monografias das agências responsáveis por definir os padrões de potabilidade da água na Austrália e na Nova Zelândia, NHMRC/NRMMC (2011) e MINISTRY OF HEALTH (2016), respectivamente.

Por fim, por meio do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT obteve-se a classificação dos agrotóxicos em relação à periculosidade ambiental segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, a qual varia nas seguintes classes:

- Classe I: produtos altamente perigosos – possuem impeditivos para registro e uso;
- Classe II: produtos muito perigosos;
- Classe III: produtos perigosos;
- Classe IV: produtos pouco perigosos.

Ocorrência em Mananciais

Realizou-se uma busca na literatura dos trabalhos publicados entre os anos de 2000 e 2017 e que abordaram a ocorrência dos agrotóxicos em águas superficiais, subterrâneas e tratadas na bacia do rio Paraíba do Sul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção dos agrotóxicos

Inicialmente, verificou-se a existência de diferentes cultivos ao longo da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e, de acordo com as particularidades de cada cultura, espera-se que sejam empregados tipos específicos de agrotóxicos. Segundo o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2015), na porção média da BHPS, sobretudo nos municípios paulistas de Roseira, Guaratinguetá e Tremembé, o principal cultivo é o do arroz em casca. Já na porção baixa, na qual estão localizados os municípios cariocas de São João da Barra, Campos dos Goytacazes, São Fidélis, Itaocara e São Francisco de Itabapoana, destaca-se o cultivo da cana-de-açúcar. Especificamente em Campos dos Goytacazes, verifica-se, além da cana-de-açúcar, o cultivo da banana e do coco-da-bahia. Também encontram-se na BHPS as culturas de milho, café e olericultura e, em menor escala, feijão, forrageiras, batata e frutas (CEIVAP, 2018).

No Quadro 1 pode-se perceber que a aplicação dos agrotóxicos é variável de acordo com as culturas nas quais são utilizados (MAPA, 2018). Considerando especificamente as culturas apresentadas no Quadro 1, as quais são as mais representativas da região em estudo, tem-se que alguns compostos são aplicados apenas em casos de pré-emergência, tal como o Glifosato; e outros, tais como Atrazina, 2,4-D e Diurom apresentam aplicações mais diversificadas, podendo ser utilizados tanto na pré quanto pós-emergência.

Quadro 1 – Agrotóxicos mais empregados em cada cultura

Aplicação	Cultura						
	Arroz	Cana-de-açúcar	Banana	Milho	Café	Feijão	Batata
Pré-emergência	Glifosato 2,4-D	Glifosato 2,4-D Atrazina Tebutiurum Diurom	Glifosato Diurom	Glifosato 2,4-D Atrazina	Glifosato 2,4-D Diurom	Glifosato	-
Pós-emergência	2,4-D	2,4-D Atrazina Tebutiurum Diurom MSMA	Diurom	2,4-D Atrazina	2,4-D Diurom MSMA	-	-
Foliar	Mancozebe Clorotalonil Fipronil Metomil	-	Mancozebe Clorotalonil	Clorpirifós Fipronil Metomil	Mancozebe Clorotalonil Clorpirifós	Mancozebe Clorotalonil Clorpirifós Fipronil Carbendazim	Mancozebe Clorotalonil Clorpirifós Metomil
Solo	-	Fipronil	-	Fipronil	-	-	Fipronil

A partir do levantamento das culturas mais utilizadas na BHPS, avaliou-se o ranking de vendas dos IA mais prováveis de serem utilizados na BHPS. Com a aplicação dos critérios mencionados na metodologia, foram selecionados 15 compostos (Tabela 1). A Tabela 1 ainda traz a compilação dos critérios utilizados para a seleção dos compostos alvos deste estudo, bem como o valor máximo permitido nas legislações vigentes. Nota-se que apenas 4 compostos entre os selecionados não são abordados pelas legislações nacionais aplicáveis, apesar da classificação toxicológica I ou II. Três não possuem autorização de uso no país atualmente, porém antes da proibição estavam entre os mais vendidos na região e seis compostos são classificados como extremamente ou altamente tóxicos de acordo com a ANVISA (2018).

Tabela 1 – Compostos selecionados, critérios para seleção e valores máximos permitidos por legislação nas matrizes consideradas.

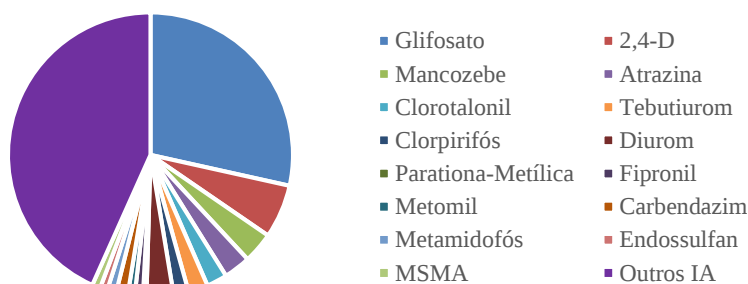
Compostos Selecionados	Legislação – VMP (µg/L)					Classificação Toxicológica (ANVISA)	Cultura	
	Águas Superficiais		Águas Subterrâneas		Águas Potáveis		Arroz	Cana-de-Açúcar
	I e II ^a	III ^b	DA ^c	I ^d	R ^e			
Glifosato	65	280	280	0,13 ¹ 0,06 ² 0,04 ³	500 ⁴	IV	X ^g	X ^g
2,4-D	4	30			10	I	X ^g	X ^g
Mancozebe					180	III	X ^g	
Atrazina	2	2	5	10	2	III		X ^g
Clorotalonil			170	5,8		III	X ^g	
Tebutirom						II		X ^g
Clorpirifós			24		2	II		
Diurum					90	III		
Parationa-Metílica					9	NA ^f		
Fipronil						II	X ^g	X ^g
Metomil						I	X ^g	
Carbendazim					120 ⁷	III		
Metamidofós					12	NA ^f		
Endossulfan	0,056 ⁹	0,22 ⁹			20 ⁸	NA ^f		
MSMA						II		X ^g

a) Classes I e II; b) Classe III; c) Dessedentação de Animais; d) Irrigação; e) Recreação; f) NA: Não autorizado no Brasil; g) Utilizado. 1: Efeito Organoleptico; 2: Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos); 3: Máxima concentração de substância na água de irrigação em 20 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos); 4: Glifosato + AMPA; 5: 2,4-D+2,4,5-T; 6: Clorpirifós+Clorpirifós-oxon; 7: Carbendazim+Benomil; 8: Endossulfan (α , β e sais); 9: Endossulfan (α , β e sulfato).

Fonte: Brasil (2005); Brasil (2008); Brasil (2017); ANVISA (2015); ANVISA (2018); MAPA (2018); EMBRAPA (2006).

A Figura 1 demonstra a representatividade dos 15 agrotóxicos selecionados em meio a mais de 80 IA presentes no relatório de comercialização disponibilizado pelo IBAMA. Nota-se que tais compostos, mesmo em um número pequeno se comparado ao total, representam mais de 55% da comercialização de IA nos estados de MG, RJ e SP entre os anos de 2009 e 2016.

Figura 1 - Percentual de venda de agrotóxicos entre 2009 e 2016 nos estados de MG, RJ E SP.



Fonte: IBAMA, 2018.

De acordo com a venda anual de cada composto nos estados de MG, RJ e SP percebe-se que a comercialização do Glifosato vem crescendo com os anos e é muito superior a de qualquer outro IA abordado nesse estudo (IBAMA, 2018). Também se constata que os compostos que não possuem autorização de uso no país, como a Parationa-Metílica, Endossulfan e Metamidofós não apresentam dados de comercialização no ano de 2016. Os quatro mais vendidos ao longo desses anos foram o Glifosato, 2,4 D, Mancozebe e Atrazina. Os mais utilizados nas culturas da região de estudo foram o Glifosato, 2,4D e Atrazina; o Mancozebe e o Clorotalonil se destacaram como os mais utilizados para uso foliar.

Dinâmica e periculosidade ambiental dos compostos selecionados

A Tabela 2 traz a compilação de características dos compostos selecionados neste estudo. Nota-se que apenas três compostos não possuem autorização de uso no país, segundo a ANVISA (2018) (Tabela 2). Uma análise mais aprofundada de cada composto é apresentada a seguir.

Tabela 2 – Classificação, características e situação dos compostos selecionados no Brasil.

Compostos	Classe	Índice Anvisa	Mobilidade no solo	Cancerígeno	Autorizado
Glifosato	Herbicida	G01	Moderada	Não	Sim
2,4-D	Herbicida	D27	Alta/Muito alta	Não	Sim
Clorpirifós	Inseticida	C20	Baixa	Não	Sim
Atrazina	Herbicida	A14	Alta variação	Não	Sim
Mancozebe	Fungicida e Acaricida	M02	Baixa	Não	Sim
Metomil	Inseticida e Acaricida	M17	Baixa/Moderada	Não	Sim
Diurom	Herbicida	D25	Moderado	Não	Sim
Fipronil	Inseticida	F43	Baixa	Não	Sim
Carbendazim	Fungicida	C24	Moderada	Não	Sim
Tebutiurum	Herbicida	T05	Alta	Não	Sim
Clorotalonil	Fungicida	C18	Baixa	Não	Sim
Parationa-metílica	-	-	Baixa	Não	Não
MSMA	Herbicida	M24	-	-	Sim
Metamidofós	-	-	Muito alta	Não	Não
Endossulfam	-	-	Baixa	Não	Não

Fonte: ANVISA, 2018; Ministry of Health, 2016; NHMRC/NRMMC, 2011.

O Glifosato é o mais vendido nos três estados, tendo assim uma importância significativa. Segundo Silva (2012), “o uso expressivo deste produto na agricultura brasileira, segundo alguns produtores, é devido à evolução da soja transgênica”. Possui uma classificação moderada quanto a sua mobilidade no solo, devido a seu valor de

Koc (coeficiente de partição carbono-água no solo orgânico), sendo altamente adsorvido na maioria dos solos, principalmente os ricos em matéria orgânica. Ainda de acordo com o valor de Koc, quando em contato com a água, é esperado que esse composto adsorva-se aos sólidos suspensos e sedimentos da coluna de água. Além disso, a biodegradação microbiológica é possível tanto no solo quanto na água e o principal metabólito encontrado é o Ácido Aminometilfosfônico ou AMPA. Sobre seu risco à saúde, tanto o glifosato quanto o AMPA apresentam perfis similares toxicológicos bem como baixa toxicidade. O Glifosato é pouco adsorvido pelo sistema digestivo e é excretado de forma inalterada pelos mamíferos (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Baseados em estudos de longa duração em ratos e camundongos, esse composto apresentou uma diminuição de massa corporal e problemas urinários, mas não houve indícios que o caracterizaram como um composto cancerígeno (Tabela 2).

O 2,4-D é o herbicida mais utilizado no mundo e tem sido aplicado por mais de 50 anos, atuando também como regulador de crescimento (ANVISA, 2015). Esse composto possui um período de meia-vida no solo variando de 2 a 14 dias e na água variando de uma a várias semanas (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Além disso, tem sua classificação quanto a afinidade mineral variando entre moderada e alta, mas sua rápida mineralização pode reduzir seu potencial de atingir as águas subterrâneas. Seu valor de Koc entre 20 e 136 lhe concede uma mobilidade alta ou muito alta no solo (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Ainda em sua análise no solo, a biodegradação é o processo mais importante, gerando uma série de produtos aromáticos hidroxílicos. Um de seus produtos de degradação mais importantes é o 2,4-diclorofenol (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Tanto na forma de ácido livre quanto em sal, esse composto é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal e distribuído pelos tecidos, com altas concentrações nos rins, fígado e cérebro. Estudos de longa duração não demonstraram características cancerígenas no 2,4-D, apesar de haverem indícios de efeitos reprodutivos e neurotóxicos (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Clorpirifós é fortemente absorvido pelo solo e não lixivia de forma rápida. Se degrada lentamente por meio da ação microbiana, com um período de meia-vida de aproximadamente 80 a 100 dias e se transforma em compostos organoclorados e dióxido de carbono (MINISTRY OF HEALTH, 2016).

A Atrazina é um herbicida com modalidade de emprego em aplicação em pré e pós-emergência das plantas infestantes nas culturas (ANVISA, 2015). Esse composto pode se degradar na superfície da água por fotólise e ação de microrganismos, com período de meia-vida em cerca de 12 semanas. Caso liberado em solo, a mobilidade da Atrazina pode variar de leve a alta, uma vez que seu valor de Koc varia em um espectro muito grande (54 a 1164) (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Esse composto foi causador de tumores em ratos, contudo como o tipo de tumor desenvolvido não atinge seres humanos, não é considerado que a Atrazina cause câncer em seres humanos. Não foram constatados efeitos reprodutivos mas houveram evidências de efeitos no desenvolvimento (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Mancozebe é um fungicida e acaricida autorizado ao uso pela Anvisa para aplicação foliar em diversas culturas (ANVISA, 2015). No ambiente, o Mancozebe se degrada em etilenotriuréia (ETU), logo o guia de saúde para este composto é baseado na toxicidade do ETU (NHMRC/NRMMC, 2011). No solo, esse composto apresenta baixa mobilidade, baseado em seu alto coeficiente de adsorção. Em contato com a água, o Mancozebe irá adsorver-se aos sedimentos e aos sólidos suspensos (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Nas considerações à saúde, esse composto é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal, não havendo evidências de características cancerígenas. (NHMRC/NRMMC, 2011).

A adsorção do Metomil às partículas do solo é classificada como sendo de fraca à moderada. Apesar disso, sua alta solubilidade em água faz desse composto um potencial contaminador das águas subterrâneas. Sua degradação acontece rapidamente por meio de microrganismos do solo (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Baseado em estudos, o Metomil não apresentou risco de ser cancerígeno ou causador de doenças de genótipo (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Diurom é citado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) como tendo um bom potencial de contaminação das águas subterrâneas. Possui o período de meia-vida no solo de 65 dias e é lentamente degradado biologicamente em água (MINISTRY OF HEALTH, 2016). O Diurom é rapidamente e extensivamente absorvido pelo trato gastrointestinal e não há indícios de que possa ser cancerígeno a seres humanos (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Fipronil, apresenta uma baixa mobilidade no solo, se aderindo ao mesmo e apresentando assim, um baixo potencial de contaminação das águas subterrâneas (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Baseado em estudos, o Fipronil não apresentou características cancerígenas e nem genotípicas. Não houveram indícios de problemas reprodutivos (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Carbendazim, quando liberado em solo, apresenta uma moderada mobilidade (Tabela 2). Caso liberado em água, esse composto irá se adsorver a pequenos sólidos e sedimentos suspensos (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Em estudos, houve aumento de edemas hepatocelulares, mas os mesmos foram considerados específicos à espécie do estudo e não relevantes aos seres humanos (NHMRC/NRMMC, 2011).

O Tebutiurum apresenta todas as características de um material de alto potencial de contaminação das águas subterrâneas, sendo altamente solúvel em água (cerca de 2000 mg/L), adsorvendo-se muito pouco em partículas do solo e apresentando elevada persistência na água e no solo. É improvável que esse composto seja causador de defeitos reprodutivos e não apresenta características mutagênicas ou cancerígenas (MINISTRY OF HEALTH, 2016).

O Clorotalonil é um fungicida muito comercializado, sendo utilizado em diversas culturas (ANVISA, 2015). Possui baixa solubilidade em água e nos ambientes aquáticos mostrou-se geralmente estável e adsorvido aos sedimentos e sólidos suspensos. Não é esperado que esse composto consiga lixiviar-se às águas subterrâneas (MINISTRY OF HEALTH, 2016). Estudos demonstraram um potencial de ser causador de câncer em ratos e camundongos (NHMRC/NRMMC, 2011).

A Parationa-metílica foi proibida no Brasil em decorrência de reavaliação toxicológica realizada pela Anvisa, em 11 de dezembro de 2015. Esse composto apresenta uma solubilidade em água entre 50 mg/L e 60 mg/L e, virtualmente, não apresenta movimento pelo solo. Logo, não é provável que atinja as águas subterrâneas. O processo mais importante para sua degradação é o microbiológico e, na maioria das vezes, isso acontece rapidamente. A maior parte da população entra em contato com esse composto pelo ar, água ou alimentos. Compostos organofosforados, como é o caso da Parationa-Metílica, são inibidores de colinesterase e são altamente tóxicos por todas as formas de exposição (MINISTRY OF HEALTH, 2016).

O Metano Arseniato Ácido Monossódico (MSMA) é um herbicida organoarsênico, cuja a modalidade de emprego é na aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas (ANVISA, 2015). Apresenta alta solubilidade na água e persistência no solo segundo IUPAC (2018).

O Metamidofós teve sua utilização proibida no Brasil em 2012, com base em suas características neurotóxicas e imunotóxicas (ANVISA, 2015). A degradação desse composto em solos e água foi identificada como rápida e seu produto final de degradação como sendo, usualmente, o ácido fosfórico. No solo, esse composto apresenta uma altíssima mobilidade e, caso liberado em água, não é esperado que ocorra a adsorção aos sólidos suspensos e sedimentos. Este composto foi identificado com um potente inibidor de acetil colinesterase. Foi constatado ser altamente tóxico nas vias oral, dermal e respiratória (MINISTRY OF HEALTH, 2016).

O Endossulfam não se dissolve facilmente na água e é adsorvido prontamente nas partículas do solo. O produto gerado a partir da sua degradação é o sulfato de Endossulfam, o qual é mais persistente que o composto original. A formação do sulfato aumenta à medida que a temperatura também aumenta (MINISTRY OF HEALTH, 2016).

Com relação à periculosidade ambiental dos compostos alvo, a mesma varia de acordo com o produto registrado e comercializado no Brasil. Esses produtos podem ser comercializados apenas como seu ingrediente ativo ou como a combinação de 2 ou mais IA e tal distinção é feita na Tabela 3. Cabe ressaltar que os IA abordados nesse estudo mas que não possuem autorização de uso no país não estão presentes no sistema consultado. Nota-se que os IA com maior número de produtos classificados quanto a periculosidade são o Glifosato e o Mancozebe. Além disso, apenas seis foram classificados como classe I (altamente perigosos) em pelo menos um de seus produtos comercializados. Sete compostos apresentaram classificação de periculosidade II em mais de 50% dos produtos, sendo eles: Atrazina, Clorotalonil, Tebutiurum, Clorpirifós, Diurum, Fipronil e Metomil. Nenhum dos compostos abordados neste estudo apresentou um produto na classe 4.

Tabela 3 - Periculosidade ambiental dos produtos que contém os IA analisados.

Compostos	Classe I		Classe II		Classe III		Total de produtos
	IA	IA combinado	IA	IA combinado	IA	IA combinado	
Glifosato				3	59	5	67
2,4-D		1	2	6	13	10	32
Mancozebe			6	16	17	12	51
Atrazina	1		18	9	9	6	43
Clorotalonil			22	19	4	1	46
Tebutiurum		2	11	1	4		18
Clorpirifós	3		18				21
Diurum		1	12	23	2	4	42
Fipronil			44	3			47
Metomil		1	9	3			13
Carbendazim			4	9	27	2	42
MSMA			1		4	1	6

Fonte: MAPA (2018).

Ocorrência de Agrotóxicos na Bacia do Rio Paraíba do Sul

Os valores máximos permitidos para os compostos em águas superficiais, subterrâneas e potáveis estão apresentada na Tabela 1 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2008; BRASIL, 2017). Encontrou-se na literatura apenas um trabalho que abordou a presença de agrotóxicos em água na bacia do Rio Paraíba do Sul (BUCCI, 2015), o qual não relatou a detecção dos compostos abordados pela Portaria MS nº 2.914 de 2011 na água da represa Dr. João Penido- Juiz de Fora-MG. Dentre os compostos estudados pela autora encontram-se o Glifosato, 2,4-D, Mancozebe, Atrazina, Clorpirifós, Diurum e Carbendazim (BUCCI, 2015).

Verifica-se também a carência de dados em relação às agências de monitoramento, tais como a Agência Nacional das Águas (ANA) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Não foram encontrados dados em relatórios divulgados pelo IGAM (MINAS GERAIS, 2018), sendo apresentadas apenas informações relativas a parâmetros físico-químicos da água. Em relação à ANA, verificou-se a pequena quantidade de dados disponibilizados. Dentre as estações nas quais há monitoramento, em apenas seis delas foram divulgados resultados referentes a agrotóxicos, sendo o dado mais recente apresentado referente ao ano de 1989. Dessa forma, percebe-se que o monitoramento ainda é falho na região estudada embora haja, conforme apresentado no decorrer desse estudo, uma intensa comercialização de agrotóxicos.

CONCLUSÕES

Dentre os compostos que não são abordados nas legislações consultadas, mas que possivelmente são utilizados na BHPS, encontram-se o Fipronil. No entanto, o composto apresenta uma baixa probabilidade de ser encontrado em corpos d'água. O Metomil, apesar de apresentar probabilidade de ocorrência em águas, tem baixa persistência no ambiente. Em contrapartida, o Tebutiurum, como anteriormente discutido, apresenta uma maior probabilidade de ocorrência em águas superficiais e subterrâneas além de ter uma elevada persistência não só em água como também no solo. Dessa forma, seria recomendável maiores estudos para analisar sua inserção como parâmetro de monitoramento em águas no Brasil ou em âmbito estadual. Já o MSMA necessita de uma maior abrangência em estudos que avaliem sua dinâmica ambiental para que sejam feitas conclusões mais consistentes sobre seu potencial de contaminação de águas e persistência no ambiente.

De maneira geral, percebe-se que a metodologia utilizada para a seleção dos agrotóxicos alvo desse estudo demonstrou representatividade, abrangendo mais da metade do total de IA comercializados nos estados de MG, RJ e SP no período considerado. Por meio do levantamento bibliográfico realizado, observou-se a carência de informações a respeito de dados relacionados à presença de agrotóxicos na bacia do rio Paraíba do Sul, apesar de nesta Bacia serem utilizados compostos com extrema toxicidade, como é o caso do 2,4-D e produtos comerciais com classes I e II de periculosidade ambiental. Seria recomendável a adoção de práticas de monitoramento da

presença desses compostos em águas na BHPS a fim de se obter um panorama geral da real situação de contaminação por esses agentes químicos. Deve-se priorizar sobretudo os estudos dos compostos que possuem maior toxicidade (classes I e II), já que esses podem provocar maior dano à saúde humana. Além disso, é necessário que os compostos que não se degradam rapidamente, isso é, os que tendem a permanecer mais tempo na matriz aquática, tais como o Tebutiuram, Diuram e Clorpirifós, também sejam prioridades nos estudos a serem desenvolvidos.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Universidade Federal de Juiz de Fora pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional das Águas – Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos 2017. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.caf2236b.pdf

ANA - Agência Nacional das Águas - Estudos Auxiliares para a Gestão do Risco de inundações, 2018. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html>

AMÉRICO, J. H. P.; MANOEL, L. D. O.; TORRES, N. H.; FERREIRA, L. F. R. O USO DE AGROTÓXICOS E OS IMPACTOS NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS. *Revista Científica Anap Brasil*, [s.l.], v. 8, n. 13, p.101-115, 15 nov. 2015. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. DOI: 10.17271/1984324081320151149. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284903562_O_USO_DE_AGROTOXICOS_E_OS_IMPACTOS_NOS_ECOSISTEMAS_AQUATICOS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/M17%2B%2BMetomil.pdf/35b28b22-55bc-4088-8c0e-946684ffcb98>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

ANVISA (2015). Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Agrotóxicos e Toxicologia/Monografias. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2006 - Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>

BRASIL, 1989 – Lei Federal nº 7802 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm

BRASIL, 2002 – Decreto nº 4074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 357/2005. Brasília: 2005. 23p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 09 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 396/2008. Brasília: 2008. 11p. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 09 de abril de 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 – ANEXO XX. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, p. 360.

BUCCI, M.M.H.S. *Estudo da qualidade da água na represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico (Juiz de Fora, MG)*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2015.

CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/Caderno%203%20-%20Paraibuna.pdf>>. Acesso em: 9 de abril de 2018.

DEMANBORO, A. C. Gestão ambiental e sustentabilidade na macrometrópole paulista - Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Soc. nat.*, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 515-529, Dec. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v27n3/0103-1570-sn-27-3-0515.pdf>

EMBRAPA Trigo - Documentos online. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62_11.htm>

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 25 de março de 2018.

IBAMA -Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, 2012 – Avaliação de Risco Ambiental – IBAMA. Disponível em: http://ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/avaliacao/2017/2017-07-25-avaliacao_risco_ambiental_agrotoxicos_ibama_2012-ARA.pdf

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, 2017 – Manual de Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos para Abelhas. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/reavaliacao-ambiental/2017/2017-07-25-Manual-IBAMA-ARA-Abelhas-IN0217-WEB.pdf>

MINAS GERAIS - Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica>>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Programa de Agrotóxicos de Fitossanitários - AGROFIT. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 8 de abril de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016 - Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/dezembro/05/Relatorio-Nacional-de-VSPEA-vol-1.pdf>

MINISTRY OF HEALTH. Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand (2nd edn). Volume 3, The Datasheets. Wellington: Ministry of Health. 2016. Disponível em: <<http://www.health.govt.nz/publication/guidelines-drinking-water-quality-management-new-zealand>>.

NHMRC/NRMMC. Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica/Conselho Ministerial para Gerenciamento de Recursos Naturais do Governo Australiano. “Australian Drinking Water Guidelines 6”. Versão eletrônica. 2011.

OMS - Organização Mundial da Saúde, 1996 - Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/julho/08/1-Manual-de-Vigilancia-da-Sa-de-de-Popula-es-Expostas-a-Agrot-xicos.pdf>

PERES, F.; MOREIRA, J.C.; DUBOIS, G.S. "Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema". In: Peres, F.; Moreira, J. C. (orgs.) *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/cap_01_veneno_ou_remedio.pdf

SILVA, A. S. D. Desenvolvimento de Métodos Quantitativos e de Sistemas de Screening para a Determinação de Glifosato. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, SP, 2012.