

Triagem de agrotóxicos visando a legislação da água de consumo humano em Minas Gerais

Pesticides screening for drinking water standards in Minas Gerais

Taciane de Oliveira Gomes de Assunção¹, Renata de Oliveira Pereira²

RESUMO: Agrotóxicos são utilizados para prevenir, controlar ou repelir pragas e doenças agrícolas, bem como controlar o crescimento vegetal. Todavia, tais compostos podem contaminar o ar, o solo e os recursos hídricos, expondo os seres humanos a riscos químicos associados, majoritariamente, com a ingestão de alimentos e águas contaminadas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi selecionar os agrotóxicos que apresentam um maior potencial de contaminação da água de consumo humano no estado de Minas Gerais. Para isso, avaliaram-se as variáveis exposição e toxicidade dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais estabelecendo-se quatro etapas para execução do trabalho: (i) triagem dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais; (ii) avaliação da dinâmica ambiental dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais; (iii) avaliação de risco considerando o binômio exposição x toxicidade; e (iv) proposição de valor máximo permitido (VMP) para os agrotóxicos selecionados. Obteve-se 322 compostos com comercialização reportada para Minas Gerais, após a avaliação da dinâmica ambiental restaram 201 e após a etapa 3 ficaram 40, chegando a 10 ingredientes ativos prioritários na água de consumo humano no estado de Minas Gerais, sendo então proposto VMP para oito deles. Logo, conclui-se que oito compostos podem ser avaliados para inclusão de um monitoramento mais assertivo da água potável a nível estadual de forma a proteger a saúde da população mineira e 30 compostos merecem um acompanhamento das suas vendas e uma nova avaliação.

Palavras-chave: Avaliação de risco; Comercialização; Dinâmica ambiental; IDT.

ABSTRACT: Pesticides are used to prevent, control, or repel pests, and infesting diseases in crops, as well as to control plant growth. However, such compounds can contaminate the air, soil, and water resources, exposing humans to chemical risks associated with the ingestion of contaminated food and water. In this context, this work aimed to select the pesticides that present a greater potential for contaminating drinking water in the state of Minas Gerais. For this purpose, the variables exposure and toxicity of pesticides sold in Minas Gerais were evaluated, establishing four stages for carrying out the work: (i) screening of pesticides sold in Minas Gerais; (ii) evaluation of the environmental fate of pesticides sold in Minas Gerais; (iii) risk assessment considering the binomial exposure x toxicity; and (iv) maximum acceptable value (MAV) proposal for the selected pesticides. 322 compounds had sales reported for Minas Gerais, after the evaluation of the environmental fate, 201 remained, and after step 3, 40 remained, reaching 10 priority active ingredients in drinking water in the state of Minas Gerais, and then MAV was proposed for eight of them. Therefore, it was concluded that eight compounds can be evaluated for the inclusion of more assertive monitoring of drinking water at the state level to protect the health of the population of Minas Gerais and 30 compounds deserve a follow-up of their sales and a new evaluation.

Keywords: Environmental fate; Risk assessment; Sales; TDI.

Autor correspondente: Renata de Oliveira Pereira

E-mail: renata.pereira@ufff.br

Recebido em: 04/08/2023

Aceito em: 01/04/2024

¹ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora (PEC/UFJF). Engenheira Ambiental e Sanitarista pela UFJF, Juiz de Fora (MG), Brasil.

² Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Professora associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFJF (PEC/UFJF), Juiz de Fora (MG), Brasil.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, agroquímicos, pesticidas ou defensivos agrícolas são denominações empregadas para designar substância ou mistura de substâncias de origem química, física ou biológica utilizadas com o intuito de prevenir, controlar ou repelir pragas e doenças agrícolas, bem como controlar o crescimento vegetal (USEPA, 2022a; Rani *et al.*, 2021). Existem diferentes tipos de agrotóxicos, que de acordo com o alvo que se deseja controlar podem ser classificados, dentre outros, como herbicida, fungicida, inseticida, reguladores de crescimento e biopesticidas, quando se utiliza agentes microbiológicos para controlar outros seres vivos (NPIC, 2022; Syafrudin *et al.*, 2021; Rani *et al.*, 2021). Além disso, o uso de agrotóxicos pode se dar para fins não agrícolas, como para o controle de zoonoses e vetores em áreas urbanas, em logradouros públicos ou ambientes domésticos (Ribeiro *et al.*, 2022).

No ambiente, os agrotóxicos podem contaminar o ar, o solo, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de persistirem nas cadeias tróficas, expondo os seres humanos a riscos químicos associados, majoritariamente, com a ingestão de alimentos e águas contaminadas (Dutra; Ferreira, 2017; Assunção *et al.*, 2020). Dentre os efeitos adversos provocados à saúde humana devido à exposição aos agrotóxicos estão a intoxicação de trabalhadores e população em geral, infertilidade, malformação congênita, impotência, abortos, desregulação hormonal, danos ao fígado e ao sistema hematopoiético, alteração nos sistemas reprodutivos e no sistema cardiovascular, podendo ainda ampliar o risco de desenvolvimento de câncer, como câncer de mama, tireoide e linfoma não-Hodgkin, dentre outros (Lopes; Albuquerque, 2018; Lara; Garcia, 2020; Tavares *et al.*, 2020).

No cenário internacional, o Brasil destaca-se como o maior consumidor de agrotóxicos do mundo (Tavares *et al.*, 2020), devido à agricultura desempenhar um papel de destaque na economia do país (Veiga, 2007). Fato corroborado pela comercialização de mais de 685 mil toneladas de ingredientes ativos de agrotóxicos somente no ano de 2020, o que representa um aumento de 10,5% nas vendas internas de químicos e bioquímicos no Brasil quando comparado com o ano de 2019 (IBAMA, 2022). Até julho de 2023, eram autorizados no país 489 ingredientes ativos de agrotóxicos (IAs) para fins agrícolas e não agrícolas (ANVISA, 2023). Sendo que todos os anos, novos princípios ativos são autorizados para uso em território nacional (Assunção *et al.*, 2020). Entre agrotóxicos autorizados e não autorizados para uso pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 54 agrotóxicos e metabólitos possuem valores máximos permitidos (VMPs) estipulados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade no Brasil (Brasil, 2021).

Em 2021, o estado de Minas Gerais - MG foi o sétimo com maior área plantada no país, com cerca de 48,5 mil km² destinados ao plantio de lavouras temporárias (IBGE, 2022). Destaca-se como produtor de algodão, cana-de-açúcar, milho e soja, os quais correspondem as principais *commodities* agrícolas brasileiras e representam mais de 60% da produção do estado mineiro (Dutra; Ferreira, 2017). Historicamente, no que tange a comercialização de agrotóxicos, o estado de Minas Gerais vem ocupando a sexta posição na comercialização de agrotóxicos no Brasil (Karam *et al.*, 2020). Especificamente no ano de 2020, o estado ocupou a sexta colocação no ranking de comercialização de agrotóxicos químicos e biológicos no Brasil, com mais de 50 mil toneladas comercializadas (IBAMA, 2022).

Para garantir a utilização segura dos agrotóxicos, deve-se realizar uma avaliação quantitativa de risco químico (AQRQ) desses compostos. A metodologia da AQRQ possui como base quatro etapas: (i) identificação do perigo: etapa na qual se examina se uma substância tem o potencial de causar danos aos seres e/ou sistemas ecológicos; (ii) avaliação da dose-resposta: na qual analisa a relação numérica entre

exposição e seus efeitos; (iii) avaliação da exposição: examina o que se sabe sobre frequência, tempo e níveis de contato com uma substância; e (iv) caracterização do risco: examina quão bem os dados apoiam as conclusões sobre a natureza e extensão do risco de exposição a pesticidas (USEPA, 2022b). A avaliação da dinâmica ambiental é pautada na avaliação da exposição aos seres humanos da AQRQ, ou seja, no potencial de uma determinada substância ter contato com a população por diferentes meios (USEPA, 2022b; Assunção *et al.*, 2020).

Considerando que o estado de MG está entre os 10 com maior área plantada e que mais comercializam agrotóxicos no Brasil, e ainda, que há a possibilidade dessas substâncias ocorrerem em mananciais de abastecimento, o objetivo deste trabalho foi selecionar os agrotóxicos que apresentam um maior risco na água de consumo humano no estado de Minas Gerais, a fim de identificar se há a necessidade de regulação de outros agrotóxicos além dos que já são legislados a nível federal. Ademais, foram propostos VMPs a nível estadual para os agrotóxicos selecionados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 SELEÇÃO DOS AGROTÓXICOS PRIORITÁRIOS

A seleção de agrotóxicos prioritários na água de consumo humano no estado de MG se pautou nos princípios da AQRQ. Para tanto, estabeleceram-se quatro etapas para execução do trabalho: (i) triagem dos agrotóxicos comercializados em MG; (ii) avaliação da dinâmica ambiental dos agrotóxicos selecionados; (iii) avaliação de risco considerando o binômio exposição x toxicidade; e (iv) proposição de VMP para os agrotóxicos indicados. A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas adotadas para a realização deste estudo.

2.1.1 Triagem dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais

A comercialização de agrotóxicos químicos e bioquímicos foi avaliada por meio dos relatórios disponibilizados pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no período de 2009 a 2020 (IBAMA, 2022). Após o levantamento dos agrotóxicos com vendas reportadas no período mencionado para o estado, verificou-se a autorização para uso no Brasil por meio da consulta às monografias da ANVISA. Tais documentos também foram consultados a fim de verificar sua classificação e para quais usos os agrotóxicos são autorizados (ANVISA, 2023). De posse dessas informações, foi possível fazer a triagem dos agrotóxicos que iriam seguir para as demais etapas. Dessa forma, excluíram-se os compostos classificados como proibidos, adjuvantes, agentes microbiológicos, hormônios vegetais, compostos inorgânicos e feromônios sintéticos.

2.1.2 Avaliação da dinâmica ambiental dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais

Como o foco deste estudo é a exposição via ingestão de água, a análise adotada consistiu em sete critérios de exclusão de compostos com baixa probabilidade de serem encontrados em mananciais de abastecimento para consumo humano utilizando-se os seguintes parâmetros: (i) tempo de meia vida (DT50) em água, em solo e devido à hidrólise; (ii) coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (K_{oc}); (iii) constante de Henry adimensional (KH'); (iv) coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}); e (v) relação KH'/K_{ow} . Além disso, a probabilidade de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos foram

determinados segundo os índices de GOSS e GUS, respectivamente (Goss, 1992; Gustafson, 1989). Os dados primários correspondentes a esses parâmetros foram obtidos na base de dados - *Pesticide properties database* (IUPAC, 2022).

Os sete critérios de exclusão utilizados foram adaptados de Bastos *et al.* (2020) e se encontram apresentados no Quadro 1. Destaca-se que nessa análise os princípios ativos de agrotóxicos que não foram eliminados por nenhum dos critérios apresentam maior potencial de contaminação de águas e uma vez que o composto foi eliminado por um dos critérios de exclusão o mesmo não foi avaliado segundo o critério subsequente. Para os casos em que não foi encontrado algum valor primário para a aplicação dos critérios de dinâmica ambiental manteve-se o IA visando a precaução em relação a seu comportamento no ambiente.

Quadro 1. Critérios de avaliação do potencial de contaminação de agrotóxicos em águas

Número	Critério de Exclusão	Interpretação
1	DT50 água < 1 d ^(a)	Indica elevado potencial de degradação em água ^(a)
2	Koc > 4000 mL/g e DT50 solo ≤ 30 d	Indica que o composto é imóvel no solo e possui potencial de se degradar no mesmo.
3	500 mL/g < Koc ≤ 4000 mL/g e DT50 solo ≤ 10 d	Indica elevado potencial de adsorção ao solo e baixo TMV no solo.
4	Koc ≤ 75 mL/g e DT50 água ou DT50 hidrólise ≤ 10 d	Indica baixo potencial de adsorção ao solo e baixo TMV na água.
5	75 mL/g < Koc ≤ 500 mL/g e DT50 água ou DT50 hidrólise ≤ 10 d e DT50 solo ≤ 10 d	Indica potencial intermediário de adsorção ao solo e baixo TMV, tanto na água quanto no solo.
6	KH' > 10 ⁻⁴ e KH'/Kow > 10 ⁻⁹	Indicam baixa probabilidade de um composto ser encontrado na água devido à elevada volatilidade.
7	Índice de GOSS dissolvido em água e GUS baixos e GOSS associado ao solo e sedimento baixo ou médio	Indicam baixo potencial de lixiviação (GUS), baixo potencial de transporte devido à dissolução na água (GOSS) e baixo ou médio potencial de transporte associado ao sedimento (GOSS).

Fonte: adaptado de Bastos *et al.* (2020); (a) IUPAC (2022). Legenda: TMV: tempo de meia vida.

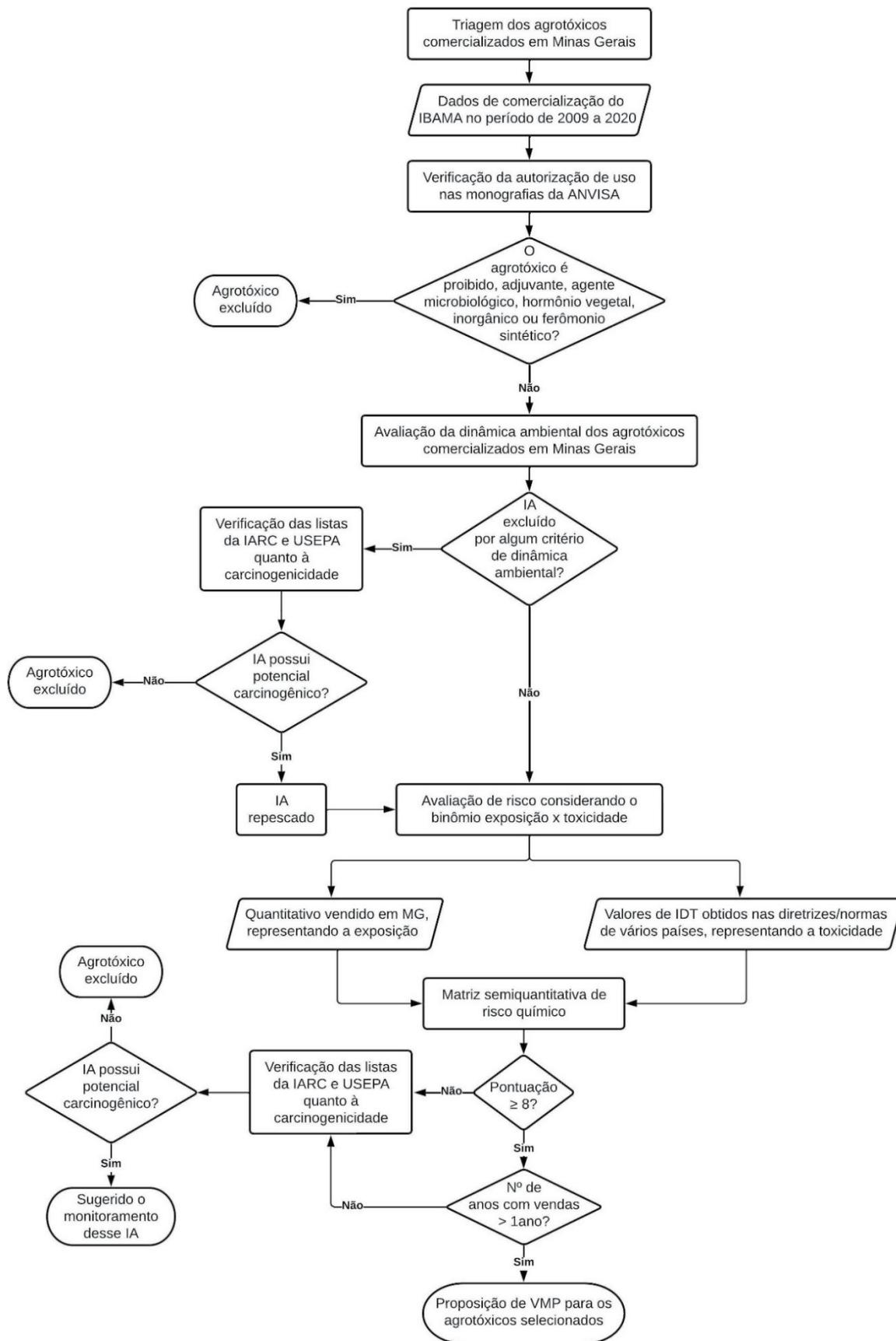


Figura 1. Fluxograma das etapas da metodologia adotada neste estudo

IA: ingrediente ativo; IDT: ingestão diária tolerável; MG: Minas Gerais; VMP: valor máximo permitido.

Fonte: Autoria própria (2023).

Após aplicados todos os critérios de dinâmica ambiental, realizou-se a repescagem dos agrotóxicos excluídos com potencial carcinogênico reportados nas listas de classificação quanto à carcinogenicidade de substâncias químicas da *International Agency for Research on Cancer* (IARC) (IARC, 2022) e da *United States of America Environmental Protection Agency* (USEPA) (USEPA, 2018a). Com base na lista da IARC (2022) foram selecionados os princípios ativos classificados como grupo 1 – carcinogênico humano, grupo 2A – provável carcinogênico humano e grupo 2B – possível carcinogênico humano. Já com base na lista da USEPA (2018a), foram selecionados aqueles classificados como: conhecido carcinogênico humano e provável carcinogênico humano. Assim, os agrotóxicos repescados avançaram para a etapa da análise de risco. Ressalta-se que tal repescagem se faz necessária por não existir um limiar seguro para os compostos com potencial carcinogênico (WHO, 2022; Schlinker, 2022).

2.1.3 Avaliação de risco considerando o binômio exposição x toxicidade

A avaliação do risco associado a cada IA de agrotóxico foi realizada por meio da aplicação de uma matriz semiquantitativa de risco químico com duas variáveis: (i) intensidade da comercialização de agrotóxicos em Minas Gerais, representando o potencial de exposição humana; e (ii) ingestão diária tolerável (IDT), representando a toxicidade do composto.

Para a comercialização em MG foi utilizada a média do montante comercializado entre 2009 e 2020, considerando os anos em que os agrotóxicos tiveram vendas reportadas (IBAMA, 2022). Já os valores de IDT foram obtidos nas monografias da ANVISA (2023), nas normas/guias de qualidade da água para consumo humano ou nos documentos que as subsidiam dos Estados Unidos (USEPA, 2018b; 2022c), Nova Zelândia (Ministry of Health, 2019), Austrália (NHMRC/NRMMC, 2022; APVMA, 2022), Canadá (Health Canada, 2022), Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2022), *Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues* (JMPR) (JMPR, 2022) e União Europeia (European Commission, 2022). Na avaliação, foi adotado o menor valor de IDT praticado pelas agências, desde que fossem embasados em estudos crônicos.

Os dados de comercialização em MG e da IDT dos agrotóxicos não excluídos na avaliação de dinâmica ambiental e daqueles repescados foram divididos em quartis, sendo utilizados os percentis 25%, 50%, 75% e 100% como limites entre cada uma das quatro classes de cada variável, assim as classes foram divididas: (i) de zero ao percentil 25%; (ii) do percentil 25% ao percentil 50%; (iii) do percentil 50% ao percentil 75%; e (iv) do percentil 75% ao percentil 100%. Destaca-se que as vendas nulas não foram consideradas para a definição dos percentis de comercialização. Além disso, cada classe de comercialização e IDT recebeu pontuação de 1 a 4. De modo que quanto maior a comercialização maior a pontuação, indicando um risco maior em termos de exposição. Já para a IDT, quanto maior o seu valor menor a pontuação, indicando um risco menor em termos de toxicidade (Bastos *et al.*, 2020).

Após a definição da pontuação para a comercialização e IDT, foi realizado o produto entre a pontuação atribuída para exposição e toxicidade, onde o resultado foi classificado conforme a matriz semiquantitativa apresentada no Quadro 2. Os agrotóxicos foram ranqueados conforme pontuação obtida e aqueles compostos que obtiveram risco alto, ou seja, valor igual ou superior a oito foram os selecionados como prioritários na água de consumo humano mineira.

Quadro 2. Matriz semiquantitativa de risco químico

Toxicidade	Comercialização			
	1	2	3	4
1	1 (Baixo)	2 (Baixo)	3 (Baixo)	4 (Baixo - Médio)
2	2 (Baixo)	4 (Baixo)	6 (Baixo - Médio)	8 (Médio - Alto)
3	3 (Baixo)	6 (Baixo - Médio)	9 (Médio - Alto)	12 (Alto)
4	4 (Baixo - Médio)	8 (Médio - Alto)	12 (Alto)	16 (Alto)

Fonte: Bastos *et al.* (2020).

Além dos agrotóxicos selecionados de acordo com a matriz, selecionaram-se os compostos com potencial carcinogênico reportados pela IARC (2022) e USEPA (2018a). Sendo selecionados aqueles com a classificação descrita na etapa de repescagem.

2.1.4 Proposição de VMP no estado de Minas Gerais para os agrotóxicos selecionados

A partir da lista de agrotóxicos obtida na etapa de avaliação de risco, selecionaram-se os agrotóxicos que não constam na Portaria GM/MS nº 888/2021 e que possuem dados de comercialização reportados pelo IBAMA em mais de um ano. Assim, identificados os agrotóxicos prioritários na água de consumo humano em Minas Gerais, foi efetuado o cálculo de um possível valor normativo a nível estadual com base na Equação 1, para compostos não carcinogênicos (Bastos; Aquino; Pereira, 2020). Para o cálculo do valor de VMP proposto, foi utilizado um fator de alocação de 10% da IDT, seguindo o cálculo feito para os novos VMPs que compõem a atual portaria de potabilidade brasileira (Bastos, Aquino; Pereira, 2020). Ressalta-se que nesse cálculo, da mesma forma como foi feito na etapa de avaliação de risco, foi utilizado o menor valor da IDT reportado pelas agências consultadas, desde que fundamentados em estudos crônicos.

$$VMP (\mu g/L) = \frac{IDT (\mu g/kg/d) \times PC (kg) \times FA}{V (L/d)} \quad (1)$$

Onde: IDT: ingestão diária tolerável; FA: fator de alocação de 10% da IDT para a exposição via consumo de água; PC: peso corpóreo médio de 60 kg; V: consumo de água diário de 2,0L; VMP: valor máximo permitido (Bastos; Aquino; Pereira, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SELEÇÃO DOS AGROTÓXICOS PRIORITÁRIOS

3.1.1 Triagem dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais

No estado de Minas Gerais foram identificados 322 compostos com vendas reportadas, incluídos aqueles com quantitativo nulo. Desses, após consulta às monografias da ANVISA (2023), 52 foram excluídos na etapa de triagem por serem classificados como proibidos, adjuvantes, agentes microbiológicos, hormônios vegetais, compostos inorgânicos e feromônios sintéticos. Dessa forma, restaram 270 princípios ativos de agrotóxicos, os quais seguiram para a etapa de avaliação da dinâmica ambiental. Desses, as classes herbicida, fungicida e inseticida foram as classes com o maior quantitativo de agrotóxicos autorizados, com mais de 70

IAs cada uma. Seguindo o padrão mundial, no qual apresenta o maior consumo de agrotóxicos para essas três classes de agrotóxicos (Ghosh *et al.*, 2022; Syafrudin *et al.*, 2021).

3.1.2 Avaliação da dinâmica ambiental dos agrotóxicos comercializados em Minas Gerais

O Quadro 3 apresenta os resultados obtidos pela aplicação da etapa de avaliação da dinâmica ambiental (Quadro 1) dos agrotóxicos selecionados. No total, 81 IAs foram excluídos pelos critérios de dinâmica ambiental, destacando-se os critérios 1 e 2, que excluíram 28 e 24 IAs, respectivamente. O primeiro critério excluiu os IAs que possuem um alto potencial para se degradarem na água, com tempo de meia vida nessa matriz inferior a um dia (IUPAC, 2022). Logo, acredita-se que os IAs excluídos por esse critério possuem baixo potencial de serem encontrados na água de consumo humano. Já o critério 2 excluiu IAs com imobilidade no solo e alto potencial de degradação nessa matriz (Quadro 1). Esses IAs possuem baixa probabilidade de ocorrência em mananciais, pois tendem a se ligarem ao carbono orgânico do solo e como possuem baixo DT50 no solo, são de rápida degradação nessa matriz (Motta; Leite; Pereira, 2022; Assunção *et al.*, 2020). Dessa forma, 189 IAs possuem dinâmica ambiental favorável à contaminação de mananciais de abastecimento e, portanto, seguiram para a etapa de avaliação de risco. Destaca-se que dos 189 IAs, não foram encontrados valores de Koc, DT50 no solo, DT50 em água e DT50 devido à hidrólise, respectivamente, para 67, 9, 56 e 27 IAs, e, portanto, não foram excluídos pelos critérios por falta de informações.

Quadro 3. Quantidades e descrição de quais IAs foram excluídos após a aplicação dos critérios de dinâmica ambiental

Descrição	Nº de IAs	Ingredientes ativos
IAs excluídos pelo critério 1	28	mancozebe, malationa, sulfentazona, procimidona, captana, haloxifope-p-metílico, zeta-cipermetrina, lambda-cialotrina, cimoxanil, carfentazona-etílica, fluasifope-p-butílico, isoxaflutol, fenoxapropo-p-etílico, cresoxim-metílico, espiromesifeno, espirodiclofeno, novalurum, folpete, cloridrato de formetanato, famoxadona, clodinafopropargil, cloreto de cloromequate, quizalofoprop- <i>ter</i> -etílico, cialofoprop-butílico, dazomete, ditianona, dodina, flufenoxurum.
IAs excluídos pelo critério 2	24	cletodim, metiram, fluazinam, clorfenapir, bifentrina, cipermetrina, alfa-cipermetrina, diafentiurom, abamectina, beta-ciflutrina, diflubenzurum, benfuracarbe, espinetoram, ciflumetofem, etofenproxi, lactofem, fluroxipir-meptílico, piriproxi-fem, permetrina, espinosade, gama-cialotrina, fenoxapropo-etílico, imibenconazol, tolfenpirade.
IAs excluídos pelo critério 3	9	tiofanato-metílico, clorotalonil, profenofós, fenitrotiona, glufosinato-sal de amônio, fosmete, zoxamida, terbufós, amitraz.
IAs excluídos pelo critério 4	6	metam sódico, flumicloraque-pentílico, metomil, imazetapir, imazapir, cianamida.
IAs excluídos pelo critério 5	2	acetamiprido, metidationa.
IAs excluídos pelo critério 6	10	clorpirifós, fenpropratrina, trifluralina, pendimentalina, brometo de metila, flumetralina, decanol, etridiazol, florpirauxifen-benzil, propaquizafoprop.
IAs excluídos pelo critério 7	2	oxifluorfem, triflumurum.

IA: ingrediente ativo. Fonte: Autoria própria (2023).

Além disso, para cada IA excluído foi verificado a classificação carcinogênica nas listas da IARC (2022) e USEPA (2018a). Considerando a IARC, foram repescados clorotalonil (grupo 2B) e malationa (grupo 2A), contudo, ressalta-se que ambos IAs constam no padrão brasileiro de potabilidade da água para consumo humano (Brasil, 2021). Já pela lista da USEPA (2018a), repescaram-se os seguintes compostos

classificados como prováveis carcinogênicos humanos: captana, clorotalonil, espiroclorfenol, isoxaflutol, lactofem, mancozebe, metam sódico, metiram, oxifluorfem, procimidona e tiofanato-metílico. Dessa forma, foram repescados 12 IAs por apresentarem potencial carcinogênico, que seguiram para a etapa de avaliação de risco, pois apesar de possuírem uma menor possibilidade de contaminação dos mananciais não existe um limiar seguro de exposição a tais compostos (WHO, 2022; Schlinker, 2022).

3.1.3 Avaliação de risco considerando o binômio exposição x toxicidade

No total, 201 IAs foram analisados na etapa de avaliação de risco. A partir dos valores de comercialização e IDT obtidos, estabeleceram-se as faixas de valores para cada pontuação de exposição e toxicidade (Quadro 4). Destaca-se que não foram encontrados valores de IDT embasados em estudos crônicos nas agências consultadas para seis IAs: sulfluramida, triciclazol, cinetina, cloreto de benzalcônio, MSMA e etoxissulfurom. Dessa forma, não foi possível atribuir uma pontuação para a IDT desses compostos, assim eles não foram avaliados. Portanto, 195 IAs foram avaliados segundo a matriz semiquantitativa de risco químico.

Quadro 4. Pontuação para faixa de valores calculados de exposição e toxicidade

Pontuação	Comercialização – exposição (ton.)	IDT – toxicidade (mg/kg p. c. dia)
1	0 a 3,3	> 0,0500
2	3,3 a 17,8	0,0200 a 0,0500
3	17,8 a 87,3	0,0080 a 0,0200
4	> 87,3	0 a 0,0080

IDT: ingestão diária tolerável; p.c.: peso corpóreo. Fonte: Autoria própria (2023).

Por meio da matriz semiquantitativa obteve-se que dos 195 IAs analisados, 49 IAs foram excluídos por apresentarem quantitativo nulo de vendas, 62 IAs obtiveram pontuação igual ou superior a oito, sendo que 40 IAs não constam no padrão brasileiro de potabilidade da água para consumo humano. Desses 40 IAs, 30 possuem quantitativos de vendas reportados somente no ano de 2020 e, portanto, não foram priorizados para o cálculo do VMP na etapa posterior. Isso se deve ao fato de não se ter conhecimento se esses compostos continuarão sendo comercializados no estado mineiro, pois pode ser uma exceção e esse comportamento pode não perdurar nos próximos anos. Assim, por considerar que a variação de consumo e a inserção de IAs no mercado acontece em um ritmo maior do que a revisão de uma legislação sugere-se cautela para com tais compostos. Recomenda-se, assim, o monitoramento em relação às vendas e também nas águas desses 30 compostos, sendo eles: metiram, amicarbazona, carbossulfano, dimoxistrobina, etiprole, fenpropimorfe, flumioxazina, fluxapiraxade, hidróxido de fentina, indoxacarbe, linurom, metam-sódico, metominostrobin, oxifluorfem, propinebe, tembotrione, bixafem, flubendiamida, fomesafem, isoxaflutol, trinexapaque-etílico, benzoato de emamectina, cadusafós, carbaril, piraclostrobina, pirimifós-metílico, prometrina, teflubenzurom, triadimenol e trifloxistrobina. Dessa forma, foram selecionados 10 IAs prioritários na água de consumo humano em MG para a etapa de proposição de VMP.

A Tabela 1 apresenta os 10 IAs selecionados, com seus respectivos valores de comercialização, IDT e pontuação atribuída na matriz de risco. Nota-se que etefom foi o IA que obteve a maior pontuação na matriz semiquantitativa, o que significa que possui elevada toxicidade e alto potencial de exposição à população mineira. Tiofanato-metílico destacou-se com a maior média anual de vendas em MG e lactofem apresentou a menor IDT entre os 10 IAs.

Tabela 1. Dados de comercialização e IDT dos agrotóxicos selecionados na água de consumo humano em MG

Ingrediente ativo	Nº de anos com vendas	Média anual de vendas em MG (2009 a 2020) (toneladas)	Pontuação comercialização	Menor IDT (mg/kg p. c.)	Pontuação IDT	Pontuação total
Etefom	11	92,0	4	0,0050 ^(a)	4	16
Dibrometo de diquate	4	71,7	3	0,0019 ^(b)	4	12
Cartape	2	70,6	3	0,0160 ^(a,c)	3	9
Ciantranilprole	2	24,3	3	0,0100 ^(b,d,e)	3	9
Lufenurum	3	23,0	3	0,0150 ^(e)	3	9
Bentazona	10	133,7	4	0,0300 ^(a)	2	8
Carboxina	2	10,4	2	0,0080 ^(e)	4	8
Hexazinona	12	118,3	4	0,0330 ^(a)	2	8
Lactofem	12	7,0	2	0,0015 ^(b)	4	8
Tiofanato-metílico	12	600,1	4	0,0250 ^(f)	2	8

(a) USEPA (2022c); (b) Ministry of Health (2019); (c) ANVISA (2023); (d) APVMA (2022); (e) European Commission (2022); (f) NHMRC/NRMMC (2022). MG: Minas Gerais; IDT: ingestão diária tolerável; p.c.: peso corpóreo. Fonte: Autoria própria (2023).

Salienta-se ainda que dos 201 IAs que foram analisados na etapa de avaliação de risco, 30 IAs possuem potencial carcinogênico pelas listas da IARC (2022) e USEPA (2018a). Desses 30 IAs, 10 IAs estão contemplados na Portaria GM/MS nº 888/2021 e, portanto, possuem VMP na água potável brasileira, sendo eles: 2,4-D, clorotalonil, malationa, glifosato, diurom, epoxiconazol, mancozebe, propargito, tiodicarbe e alacloro (BRASIL, 2021). Os 20 IAs restantes possuem potencial carcinogênico pela USEPA (2018a), sendo classificados como prováveis carcinogênicos humanos, e não apresentam classificação carcinogênica pela IARC (2022), bem como não constam na Portaria GM/MS nº 888/2021. Dentre esses, nove IAs obtiveram pontuação igual ou maior que oito na matriz semiquantitativa de risco, sendo eles: metiram, hidróxido de fentina, metam-sódico, oxifluorfem, propinebe, isoxaflutol, carbaril, lactofem e tiofanato-metílico. Desses, apenas lactofem e tiofanato-metílico possuem dados de comercialização em mais de um ano, ambos com vendas reportadas nos 12 anos do período analisado no estudo (Tabela 1). Além disso, salienta-se a necessidade de maiores estudos de toxicidade e monitoramento dos 18 IAs que possuem potencial carcinogênico e não constam na Portaria GM/MS nº 888/2021 e não seguiram para a etapa de proposição de VMP, sendo eles: metiram, hidróxido de fentina, metam-sódico, oxifluorfem, propinebe, isoxaflutol, carbaril, espiroclorfenol, iprodiona, oxadiazona, pimetozina, procimidona, bentiavalicarbe isopropílico, imazalil, tiacloprido, hexitiazoxi, captana e tiabendazol.

3.1.4 Proposição de VMP no estado de Minas Gerais para os agrotóxicos selecionados

A Tabela 2 apresenta os valores calculados de VMP para oito IAs dos 10 selecionados como prioritários na água de consumo humano em Minas Gerais. Não foi proposto um valor de VMP para tiofanato-metílico, pois quando esse composto está no ambiente, é rapidamente convertido a carbendazim (NHMRC/NRMMC, 2022; Ministry of Health, 2019). Por conseguinte, a toxicidade do carbendazim é o principal fator levado em consideração em relação ao impacto do tiofanato-metílico na saúde humana na água potável (NHMRC/NRMMC, 2022). Como a Portaria GM/MS nº 888/2021 possui um VMP de 120 µg/L para o carbendazim,

considerou-se que esse valor já está sendo protetivo para a saúde humana em relação ao tiofanato-metílico (Brasil, 2021). O tiofanato-metílico possui um valor de Koc de 1830 mL/g e DT50 no solo de 0,5 dia, sendo excluído pelo critério 3 da etapa de dinâmica ambiental, por possuir elevada adsorção ao solo e rápida degradação nessa matriz (IUPAC, 2022; Quadro 3; Quadro 1). No entanto, foi repescado por ser classificado pela USEPA (2018a) como provável carcinogênico humano. Posto isso, recomenda-se uma reavaliação do tiofanato-metílico pela ANVISA a fim de verificar sua autorização de uso, dado que o carbendazim foi proibido para utilização pela agência em agosto de 2022, pois pode provocar danos aos testículos, ao fígado por exposição repetida ou prolongada, pode provocar defeitos genéticos, pode prejudicar a fertilidade ou o feto, além de poder ocasionar câncer de fígado (ANVISA, 2023).

Também não foi proposto um VMP para o lactofem, pois foi excluído pelo critério 2 de dinâmica ambiental (Quadro 3), com Koc na ordem de 10.000 mL/g, indicando baixa mobilidade no solo e DT50 no solo de 4 dias, sendo de rápida degradação nessa matriz, tendo baixa probabilidade de ocorrência em águas, pois se adsorve fortemente à matéria orgânica presente no solo (IUPAC, 2022; Motta; Leite; Pereira, 2022). Foi repescado por ser classificado como provável cancerígeno para humanos. Todavia, se apresenta como provável carcinogênico humano somente em altas doses e em baixas doses, não é provável de ser carcinogênico humano (USEPA, 2018a). Então, por ter uma dinâmica desfavorável à contaminação ambiental, possivelmente será encontrado em baixas concentrações em águas. Assim, recomenda-se um monitoramento ambiental para avaliar se as concentrações encontradas em mananciais de abastecimento humano são preocupantes.

Tabela 2. Valores utilizados para a proposição de um valor máximo permitido na água de consumo humano em Minas Gerais para os agrotóxicos selecionados

Ingrediente ativo	Referência	Tipo de estudo	Efeito observado	Menor IDT (mg/kg p. c.)	VMP proposto (µg/L)
Etefom	USEPA (2022c)	Estudo com humanos	Diminuição da atividade colinesterase plasmática	0,0050	15,0
Dibrometo de diquate	Ministry of Health (2019)	Estudo crônico com ratos com diquate	Formação de catarata nos olhos	0,0019	5,7
Cartape	USEPA (2022c); ANVISA (2023)	Não informado	Não informado	0,0160	48,0
Ciantraniliprole	APVMA (2022)	Estudo crônico com cães	Aumento do peso do fígado e redução da concentração de colesterol	0,0100	30,0
Lufenurum	European Commission (2022)	Estudo crônico com cães	Não informado	0,0150	45,0
Bentazona	USEPA (2022c)	Estudo crônico com cães	Problemas de coagulação sanguínea e perda de sangue intestinal	0,0300	90,0
Carboxina	European Commission (2022)	Estudo crônico com ratos	Não informado	0,0080	24,0
Hexazinona	USEPA (2022c)	Estudo crônico com ratos	Não informado	0,0330	99,0

IDT: ingestão diária tolerável; p.c.: peso corpóreo; VMP: valor máximo permitido. Fonte: Autoria própria (2023).

Todos os compostos descritos na tabela 2 não possuem potencial carcinogênico de acordo com a IARC (2022) e a USEPA (2018a).

Etefom é um regulador de crescimento autorizado para uso em cultivos, entre outros, como algodão, café, feijão, cana-de-açúcar e soja. Das quais, as duas últimas culturas estão entre as três de maior relevância econômica e com maior área plantada para o ano de 2021 em MG, sendo elas soja com 19,4 mil km², milho com 11,9 mil km² e cana-de-açúcar com 9,8 mil km² (IBGE, 2022). O etefom tem mobilidade baixa a moderada em solos que variam em textura de areia argilosa a limo (Ministry of Health, 2019). Por conseguinte, possui baixo potencial de contaminação de águas subterrâneas (Gustafson, 1989). Todavia, apresenta médio potencial de contaminação de águas superficiais e é altamente solúvel em águas (Goss, 1992; Ministry of Health, 2019). Na matriz semiquantitativa obteve pontuação 16, indicando alto potencial de exposição aos seres humanos, com 92,0 toneladas comercializadas em média anual e elevada toxicidade. Nesse sentido, o VMP proposto para esse IA foi de 15 µg/L.

Dibrometo de diquate é um herbicida autorizado para aplicação em culturas como algodão, café, feijão, milho e soja (ANVISA, 2023). É o principal composto comercializado derivado do herbicida diquate (Ministry of Health, 2019; Health Canada, 2022). Possui valor de Koc na ordem de 2.184.750 mL/g superior a 100.000 mL/g, indicando forte adsorção no carbono orgânico do solo e baixo potencial para contaminação de águas subterrâneas (IUPAC, 2022; ATSDR, 1992; Gustafson, 1989). Possui DT50 no solo de 2.345 dias, indicando baixa degradação nessa matriz (IUPAC, 2022) e elevada persistência. Além disso, possui alto potencial de contaminação de mananciais superficiais devido ao transporte associado ao sedimento (Goss, 1992). Na água, o dibrometo de diquate se dissocia completamente em diquate, com DT50 de 1 dia (Health Canada, 2022; IUPAC, 2022). Como o critério 1 de dinâmica ambiental não considera valores de DT50 na água iguais a 1 dia para fins de exclusão (Quadro 1), dibrometo de diquate não foi excluído. Assim como o dibrometo de diquate, o diquate possui potencial de atingir águas superficiais via escoamento superficial ou deriva de pulverização, apresenta baixo potencial de contaminação de águas subterrâneas, pois se adsorve fortemente nas partículas dos solos, tornando-se imóvel e persistente nessa matriz (Health Canada, 2022). Nas legislações internacionais, valores de VMP na água de consumo humano são indicados para o diquate e, em geral, incluem o dibrometo de diquate (NHMRC/NRMMC, 2022; Health Canada, 2022; WHO, 2022; Ministry of Health, 2019; USEPA, 2018b). Por isso, o valor de menor IDT adotado foi com base em estudo crônico com ratos expostos ao diquate. Nesse sentido, o valor de VMP proposto na água potável em MG para o dibrometo de diquate de 5,7 µg/L, também é protetivo ao diquate. Ressalta-se que o diquate é um análogo do paraquate, que é um pesticida altamente tóxico para humanos e que foi proibido para uso no Brasil em 22 de setembro de 2020, por estar associado com a doença de Parkinson e que possui VMP pela Portaria GM/MS n° 888/2021 de 13 µg/L (Ministry of Health, 2019; ANVISA, 2023; Brasil, 2021). O diquate é consideravelmente menos potente que o paraquate, contudo, pode causar danos à saúde (Ministry of Health, 2019).

Cartape é um inseticida e fungicida com autorização para cultivos como algodão, café, feijão e soja (ANVISA, 2023). Não possui valor de Koc, KH, DT50 na água e devido à hidrólise reportados na IUPAC (2022). Então, ele foi mantido na etapa de dinâmica ambiental visando a precaução em relação em seu comportamento no ambiente. Possui DT50 no solo de 3 dias e solubilidade em água na ordem de 200.000 mg/L, sendo de rápida degradação no solo e muito solúvel em água (IUPAC, 2022). Apresentou média anual de vendas em MG de 70,6 toneladas, considerando os anos de 2019 e 2020. O valor de VMP proposto foi de 48,0 µg/L.

Ciantranilprole é um inseticida autorizado para uso em culturas como algodão, café, cana-de-açúcar, feijão, milho e soja (ANVISA, 2023). Possui Koc de 241 mL/g, DT50 no solo de 34,4 dias e DT50 devido à

hidrólise de 61 dias, indicando moderada adsorção e degradação no solo (IUPAC, 2022; Assunção *et al.*, 2020). Possui alto potencial de contaminação de águas superficiais e médio para águas subterrâneas (Goss, 1992; Gustafson, 1989). Na matriz semiquantitativa foi classificado como alto-médio. Seu VMP proposto foi de 30,0 $\mu\text{g/L}$.

Lufenurom é um inseticida e acaricida autorizado para aplicação foliar em cultivos como algodão, café, cana-de-açúcar, milho, soja, tomate, entre outros (ANVISA, 2023). Não possui Koc reportado pela IUPAC (2022), o que inviabilizou a aplicação de alguns dos critérios de dinâmica ambiental, e por isso, foi mantido. No entanto, possui DT50 na água de 112 dias, solubilidade de 0,046 mg/L e DT50 no solo de 16,3 dias, indicando ser persistente na água e de rápida degradação no solo (IUPAC, 2022; Assunção *et al.*, 2020). Além de possuir elevada persistência no ambiente, possui alto risco de bioacumulação e é tóxico para o zooplâncton (Ministry of Health, 2019). O valor de VMP proposto para esse IA foi de 45,0 $\mu\text{g/L}$.

Bentazona é um herbicida autorizado para uso em culturas agrícolas em pós-emergência como amendoim, arroz, aveia, cevada, feijão, milho, soja e trigo (ANVISA, 2023). Possui Koc de 55,3 mL/g, indicando baixa adsorção no carbono orgânico do solo, DT50 no solo de 20 dias, rápida degradação nessa matriz, no entanto, possui valor de DT50 na água de 80 dias, indicando ser persistente na água (IUPAC, 2022; ATSDR, 1992; Assunção *et al.*, 2020). Por conseguinte, possui alto potencial de contaminação de águas subterrâneas e médio para águas superficiais (Gustafson, 1989; Goss, 1992). Dentre os oito agrotóxicos prioritários, é o mais comercializado em MG com 133,7 ton vendidas em média anual (IBAMA, 2022). Bentazona possui VMP na água potável da Austrália (400 $\mu\text{g/L}$), Nova Zelândia (400 $\mu\text{g/L}$) e pela OMS de 500 $\mu\text{g/L}$ (NHMRC/NRMMC, 2022; Ministry of Health, 2019; WHO, 2022). Segundo a OMS, concentrações acima de 120 $\mu\text{g/L}$ em águas subterrâneas e acima de 14 $\mu\text{g/L}$ em águas superficiais já foram medidas (WHO, 2022). O valor de VMP proposto foi de 90,0 $\mu\text{g/L}$.

Carboxina é um fungicida, que pode ser empregado, entre outras culturas, em algodão, cana-de-açúcar, feijão, milho e soja (ANVISA, 2023). Possui Koc no valor de 99,4 mL/g e DT50 no solo de 0,5 d, indicando mobilidade no solo e se degrada rapidamente nessa matriz em sulfóxido de carboxina, outros produtos secundários da carboxina que podem ser formados são: carboxina sulfona, hidróxi-carboxina e dióxido de carbono (IUPAC, 2022; ATSDR, 1992; Ministry of Health, 2019). Possui baixa probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e moderada para superficiais devido sua dissolução em água (Gustafson, 1989; Goss, 1992). Nessa matriz, a carboxina pode sofrer oxidação, formando sulfóxido de carboxina e carboxina sulfona em sete dias, na presença ou ausência de luz ultravioleta (Ministry of Health, 2019). Apresentou média anual de 10,4 ton de vendas, considerando os anos de 2015 e 2020 (IBAMA, 2022). A carboxina possui VMP na água potável somente na Austrália de 300 $\mu\text{g/L}$ (NHMRC/NRMMC, 2022) e o valor de VMP proposto para esse IA foi de 24,0 $\mu\text{g/L}$.

Hexazinona é um herbicida autorizado para aplicação em pré e pós-emergência no cultivo de cana-de-açúcar (ANVISA, 2023). Possui valor de Koc na ordem de 54 mL/g e DT50 no solo de 105 dias, o que indica que possui mobilidade no solo e degradação lenta nessa matriz (IUPAC, 2022; ATSDR, 1992). Apresenta elevado potencial de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos (Goss, 1992; Gustafson, 1989), com alta persistência nessa matriz devido à um DT50 na água de 56 dias (IUPAC, 2022). Deus, Brandt e Pereira (2022), em revisão de literatura, encontraram concentrações de hexazinona em águas superficiais no Brasil variando de 0,009 a 0,14 $\mu\text{g/L}$ e em águas subterrâneas variando de 0,04 a 0,11 $\mu\text{g/L}$. Na Austrália, não foram encontrados dados sobre a ocorrência de hexazinona em águas. Nos EUA, foi reportado contaminação por hexazinona em lençóis freáticos da ordem de 34 $\mu\text{g/L}$ e em águas superficiais, as concentrações podem chegar a 140 $\mu\text{g/L}$ até seis meses após aplicação (NHMRC/NRMMC, 2022). A hexazinona possui valores de VMP na água potável da Austrália e Nova Zelândia, na ordem de 400 $\mu\text{g/L}$, para ambos os países (NHMRC/NRMMC, 2022; Ministry of Health, 2019). O valor proposto de VMP para esse IA foi de 99,0 $\mu\text{g/L}$.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da lista inicial com 322 compostos com comercialização reportada para Minas Gerais, chegaram-se a oito IAs prioritários na água de consumo humano no estado mineiro, para os quais foram propostos valores de VMP, sendo eles: etefom, dibrometo de diquate, cartape, ciantraniliprole, lufenurum, bentazona, carboxina e hexazinona. Todos esses oito IAs são autorizados para aplicação em pelo menos uma cultura das três de maior relevância econômica e com maior área plantada para o ano de 2021 em Minas Gerais, sendo elas soja, milho e cana-de-açúcar. Destaca-se que esses IAs possuem dinâmica ambiental favorável à contaminação de mananciais e que não foram encontrados dados na literatura sobre a ocorrência em águas em MG. Logo, identifica-se a necessidade de monitoramento desses IAs em águas mineiras.

Não foram propostos valores de VMP para o tiofanato metílico e lactofem, contudo, para o tiofanato-metílico, recomenda-se uma reavaliação pela ANVISA a fim de verificar sua autorização de uso, pois trata-se de IA com potencial carcinogênico. E para o lactofem recomenda-se um monitoramento ambiental para avaliar se as concentrações encontradas em mananciais são preocupantes. Ressalta-se ainda a necessidade de maiores estudos de toxicidade e monitoramento a respeito dos 18 IAs que possuem potencial carcinogênico, não constam na Portaria GM/MS nº 888/2021 e não seguiram para a etapa de proposição de VMP. Por fim, recomenda-se uma nova avaliação de risco para os 30 IAs que obtiveram pontuação igual ou maior que oito na matriz semiquantitativa e possuem quantitativos de vendas reportados somente no ano de 2020, bem como o monitoramento em relação as vendas e nas águas mineiras.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFJF. À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF. Ao CNPq.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Monografias de agrotóxicos**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias>>. Acesso em: jul. 2023.

APVMA. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. **Acceptable daily intakes (ADI) for agricultural and veterinary chemicals used in food producing crops or animals**. 2022. Disponível em: <<https://apvma.gov.au/node/26596>>. Acesso em: out. 2022.

ASSUNÇÃO, T. O. G.; GOMES, F. B. R.; BRANDT, E. M. F.; PEREIRA, R. O. Novos agrotóxicos e o padrão de potabilidade da água: dinâmica ambiental e riscos à saúde. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 16, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v17e16>

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **ATSDR public health assessment guidance manual**. 1992. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=eF6_mn0xcHcC&pg=PA11&lpg=PA11&dq=atsdr+-+Koc&source=bl&ots=epvp8fxHHE&sig=bUOZ4eosSMhpUVv64_H14XbvV20&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwiO24cDXAhVCGpAKHTF8BRQQ6AEISTAE#v=onepage&q=atsdr%20-%20Koc&f=false>. Acesso em: dez. 2022.

BASTOS, R. K. X.; AQUINO, S. F.; PEREIRA, R. O.; BRANDT, E. M. F.; VEKIC, A. M.; VIANA, D. B.; MAGALHÃES, T. B.; CAVENDISH, T. A. **Subsídios para discussão e orientações para revisão da Portaria MS nº 2914/2011: Critérios de seleção de agrotóxicos**. Ministério da Saúde, [S.l.:S.n.], 2020.

BASTOS, R. K. X.; AQUINO, S. F.; PEREIRA, R. O. **Subsídios para discussão e orientações para revisão: Substâncias listadas na PRC nº 5/2017**. Ministério da Saúde, [S.l.:S.n.], 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888/2021, de 4 de maio de 2021**. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 mai. 2021, Seção 1, p. 127.

DEUS, B. C. T.; BRANDT, E. M. F.; PEREIRA, R. O. Priority pesticides not covered by GM Ordinance of the Ministry of Health Nº. 888, of 2021, on water potability standard in Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, v. 57, n. 2, p. 290–301, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781077>

DUTRA, L. S.; FERREIRA, A. P. Malformações congênitas em regiões de monocultivo no estado de Minas Gerais, Brasil. **Medicina**, v. 50, n. 5, p. 285-296, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v50i5p285-296>

EUROPEAN COMMISSION. **EU Pesticides Database**. 2022. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>>. Acesso em: out. 2022.

GHOSH, S.; ALKAFAAS, S. S.; BORNMAN, C.; APOLLON, W.; HUSSIEN, A. M.; BADAWEY, A. E.; AMER, M. H.; KAMEL, M. B.; MEKAWY, E. A.; BEDAIR, H. The application of rapid test paper technology for pesticide detection in horticulture crops: a comprehensive review. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 11, n. 73, p. 1-28, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00248-6>

GOSS, D. W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, v. 6, p. 701-708, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00036083>

GUSTAFSON, D. I. Groundwater Ubiquity Score: A Simple Method for Assessing Pesticide Leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, p. 339-357, 1989. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620080411>

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality**. 2022. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table.html#t2>>. Acesso em: out. 2022.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de Comercialização**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/#sobreosrelatorios>>. Acesso em: ago. 2022.

IARC. International Agency for Research on Cancer. **Agents classified by the IARC monographs (Vol. 1-125)**. 2022. Disponível em: <<https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>>. Acesso em: ago. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Tabelas Estatísticas – SIDRA**. 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: nov. 2022.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry). **Pesticides Properties DataBase**. 2022. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>>. Acesso em: ago. 2022.

JMPR. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. **Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR)**. 2022. Disponível em: <<https://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>>. Acesso em: out. 2022.

KARAM, D.; CUSTÓDIO, I. G.; SILVA, A. F.; LALAU, V. A. S. **A prática do uso e do manuseio de herbicidas no estado de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 17 p., 2020.

LARA, T. I. C.; GARCIA, S. D. O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. **Revista Saúde e Desenvolvimento Humano**, v. 8, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18316/sdh.v8i1.6087>

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>

MINISTRY OF HEALTH. *New Zealand*. **Guidelines for drinking-water quality management for New Zealand: Volume 3 - Datasheets: chemical and physical determinands, Part 2.3: Pesticides**. 2019. Disponível em: <<https://www.health.govt.nz/publication/guidelines-drinking-water-quality-management-new-zealand>>. Acesso em: fev. 2022.

MOTTA, M. B.; LEITE, L. C. O. F.; PEREIRA, R. O. Método de avaliação do potencial de contaminação dos mananciais de abastecimento por agrotóxicos no município de Juiz de Fora (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 41-57, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7320694>

NHMRC/NRMMC (National Health and Medical Research Council/ Natural Resource Management Ministerial Council). **Australian Drinking Water Guidelines 6: version 3.8 Updated September 2022**. 2022. Disponível em: <<https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines#block-views-block-file-attachments-content-block-1>>. Acesso em: out. 2022.

NPIC. National Pesticide Information Center. **Types of Pesticides**. 2022. Disponível em: <<http://npic.orst.edu/ingred/ptype/index.html>>. Acesso em: ago. 2022.

RANI, L.; THAPA, K.; KANOJIA, N.; SHARMA, N.; SINGH, S.; GREWAL, A. S.; SRIVASTAV, A. L.; KAUSHAL, J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>

RIBEIRO, S. D. M. R.; SIQUEIRA, M. T.; GURGEL, I. G. D.; DINIZ, G. T. N. A comercialização de agrotóxicos e o modelo químico-dependente da agricultura do Brasil. **Saúde em Debate**, v. 46, n. especial 2, p. 210-223, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E214>

SCHLINKER, C. S. **Norma brasileira de potabilidade: análise das quantidades de agrotóxicos permitidas na água sob a perspectiva da saúde de crianças e adolescentes**. 2022. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2022.

SYAFRUDIN, M.; KRISTANTI, R. A.; YUNIARTO, A.; HADIBARATA, T.; RHEE, J.; AL-ONAZI, W. A.; ALGARNI, T. S.; ALMARRI, A. H.; AL-MOHAIMEED, A. M. Pesticides in Drinking Water - A review. **International**

Journal of Environmental Research and Public Health, v. 18, n. 2, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390%2Fijerph18020468>

TAVARES, D. C. G.; SHINODA, D. T.; MOREIRA, S. S. C.; FERNANDES, A. C. Utilização de agrotóxicos no Brasil e sua correlação com intoxicações. **Revista S&G**, v. 15, n. 1, p. 2-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2020.v15n1.1532>

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables**. 2018b. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100U7U8.txt>>. Acesso em: dez. 2022.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Chemicals evaluated for carcinogenic. Potential annual cancer report**. 2018a. Disponível em: <http://npic.orst.edu/chemicals_evaluated.pdf>. Acesso em: ago. 2022.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Integrated Risk Information System**. 2022c. Disponível em: <<https://www.epa.gov/iris>>. Acesso em: dez. 2022.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Overview of risk assessment in the pesticide program**. 2022b. Disponível em: <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/overview-risk-assessment-pesticide-program#human_health>. Acesso em: ago. 2022.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **What is a pesticide?**. 2022a. Disponível em: <<https://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides/what-pesticide#:~:text=Pesticide%20law%20defines%20a%20%E2%80%9Cpesticide,Any%20nitrogen%20stabilizer>>. Acesso em: ago. 2022.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 145-152, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232007000100017>

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. 4th ed + 1st add + 2nd add**. Geneva: World Health Organization, 2022. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/352532>>. Acesso em: dez. 2022.