

Artigo Técnico

Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil

Risk analysis of groundwater contamination by pesticide residues in Campo Novo do Parecis (MT), Brazil

Dayane Fonseca Soares¹, Anízio Márcio Faria², André Henrique Rosa³

RESUMO

Considerando a possibilidade de que os agrotóxicos utilizados nas principais culturas, como soja, algodão e milho, podem gerar resíduos que contaminam o meio ambiente, faz-se necessária uma análise preliminar sobre a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos utilizados nas principais regiões agrícolas do país. Uma dessas áreas agrícolas se localiza na cidade de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, região de estudo deste trabalho. Os principais agrotóxicos aplicados nas diferentes culturas da região foram avaliados quanto às suas propriedades físico-químicas, seus potenciais de contaminação de acordo com critérios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e pelo índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas (GUS). As informações obtidas foram empregadas para avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas. De acordo com os resultados encontrados, a região apresenta risco real de contaminação ambiental por resíduos de agrotóxicos, uma vez que 45,6% dos agrotóxicos comumente empregados na agricultura local são classificados como extremamente tóxicos ou altamente tóxicos. Além disso, vários desses ingredientes aditivos, cerca de 22%, já foram detectados em diferentes compartimentos ambientais de outras regiões do estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: agrotóxicos; contaminação; águas subterrâneas; índice GUS; critérios EPA.

ABSTRACT

Considering the possibility that pesticides used in main crops, such as soybeans, cotton and corn, generate toxic residues that contaminate the environment, a preliminary analysis of the possibility of groundwater contamination is necessary in the main agricultural regions in Brazil. One of these agricultural areas is located in Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, the study area of this work. The main pesticides used in different cultures of this region were evaluated considering their physicochemical properties, their contamination potentials according to criteria of the Environmental Protection Agency of the United States and the groundwater ubiquity score index (GUS). The information obtained was used to assess the risk of groundwater contamination. According to the results, the region presents a real risk of environmental contamination by pesticide residues, since 45.6% of the pesticides commonly used in local agriculture are classified as extremely toxic or highly toxic. In addition, several of these pesticides, about 22%, have been detected in different environmental compartments from other regions of the state of Mato Grosso, Brazil.

Keywords: pesticides; contamination; groundwater; GUS index; EPA criteria.

INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos, também denominados pesticidas, defensivos agrícolas ou agroquímicos, são quaisquer compostos destinados à agricultura e que têm como ação a prevenção ou redução dos efeitos causados por pragas, doenças, ervas daninhas, entre outros. Essas substâncias são compostos orgânicos sintéticos com baixo peso molecular, geralmente com baixa solubilidade em água e alta atividade biológica. O termo

inclui todos os inseticidas, fungicidas, herbicidas, fumigantes e outros compostos orgânicos ou substâncias utilizadas como reguladores de crescimento, desfolhantes ou dissecentes (SILVA & FAY, 2004).

Segundo Carneiro *et al.* (2015), os dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Observatório da Indústria dos Agrotóxicos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), divulgados durante o II Seminário sobre Mercado de Agrotóxicos e Regulação,

¹Doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Professora Doutora do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) - Ituiutaba (MG), Brasil.

²Doutor em Ciências (Química) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor associado da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Ituiutaba (MG), Brasil.

³Doutor em Química pela UNESP. Professor livre-docente pela UNESP - Sorocaba (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Dayane Fonseca Soares - Rua Belarmino Vilela Junqueira, s/n - Novo Tempo 2 - 38305-200 - Ituiutaba (MG), Brasil - E-mail: dayane@iftm.edu.br

Recebido: 12/08/14 - **Aceito:** 07/07/16 - **Reg. ABES:** 139118

realizado em Brasília, Distrito Federal, em abril de 2012, enquanto, nos últimos 10 anos, o mercado mundial de agrotóxicos cresceu 93%, o mercado brasileiro cresceu 190%. O uso excessivo e descontrolado dos agrotóxicos nas lavouras tem sido considerado um importante agente de contaminação do solo e da água (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Devido à toxicidade dos agrotóxicos, sua permanência e o crescente aumento de seus teores encontrados em diversos compartimentos ambientais, o consumo dessas águas ou suas reutilizações na agricultura podem resultar em riscos à saúde pública (SILVÉRIO *et al.*, 2012).

A Portaria Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), dispõe sobre os procedimentos de controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Estabelece ainda os valores máximos permitidos para alguns agrotóxicos, porém, o número de ingredientes ativos ainda é pequeno em relação à quantidade de agrotóxicos utilizados nas culturas para o controle de doenças e pragas de plantas. Em áreas de atividade agrícola, a principal preocupação é a contaminação dos recursos hídricos com resíduos de agrotóxicos, sendo que o principal mecanismo para avaliar o impacto do setor e promover políticas voltadas à saúde e o meio ambiente é o monitoramento da qualidade das águas (GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013). Esse monitoramento pode ser realizado através de análises laboratoriais periódicas da água e/ou solo, em função dos agrotóxicos utilizados em uma determinada cultura (FILIZOLA *et al.*, 2002; POSSAVATZ *et al.*, 2014). No entanto, o fato de se tratar de áreas amplas, da grande quantidade e diversidade de agrotóxicos autorizados para cada cultura e do reduzido número de laboratórios de análise credenciados e de recursos humanos capacitados, o monitoramento da qualidade das águas pode não atender eficientemente às demandas de um país com dimensões continentais como o Brasil. Dessa forma, estudos das propriedades físico-químicas acompanhados do uso de modelos de avaliação de risco são alternativas utilizadas para avaliar os riscos de contaminação em grandes áreas agrícolas no Brasil (GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013). Uma vez determinado o princípio ativo é possível, através de sua estrutura química, determinar a dinâmica do composto no ambiente, incluindo sua mobilidade e degradabilidade e, assim, analisar o potencial de contaminação das águas por meio de modelagem matemática. Os resultados desses estudos normalmente são apresentados na forma de índices e intervalos numéricos, tais como os critérios da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA, do inglês *Environmental Protection Agency*), o índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas (GUS) (do inglês *Groundwater Ubiquity Score*) e o método de Goss, que são os critérios de avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais (ANDRADE *et al.*, 2011; GOSS, 1992).

O município de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, tem se destacado no cenário do agronegócio pois nessa região, além da pecuária, há o cultivo de grandes lavouras como soja, milho e girassol. A produção

de soja (em grãos) em 2012 foi de 1.063.800 toneladas (IBGE, 2012), cuja principal estratégia no controle de pragas agrícolas tem sido o uso de agrotóxicos. Nesse contexto, observa-se a necessidade de avaliar a qualidade da água dessa região.

Os principais objetivos do presente trabalho foram, portanto, identificar os ingredientes ativos de agrotóxicos comerciais com maior potencial de contaminação de águas subterrâneas e elaborar um inventário dos agrotóxicos utilizados na região do entorno do município de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso e, a partir desse, realizar um diagnóstico do risco de contaminação dos recursos hídricos dessa região.

METODOLOGIA

O município de Campo Novo do Parecis está localizado a médio norte mato-grossense, na Chapada dos Parecis, a 570 m de altitude, com extensão territorial de 9.434.424 km² e população estimada em 31.985 habitantes (IBGE, 2015). O município está configurado na Bacia Amazônica. Os rios que nascem em Campo Novo do Parecis são: Rio do Sangue, Rio Verde e Rio Membeca (PMCNP, 2013). A principal fonte de abastecimento de água pela população do município é proveniente de poços artesanais, sendo importante salientar que o município não possui sistema de captação hídrica (PMCNP, 2013).

O município está localizado a aproximadamente 397 km de Cuiabá e apresenta altos índices de produção agrícola, destacando-se no cultivo de soja, que a mantém, há alguns anos, nos primeiros lugares do *ranking* de maiores produtores desse grão no estado. A cidade de Campo Novo do Parecis destaca-se ainda quanto à capacidade de armazenagem da produção de soja (62 armazéns convencionais e 3 graneleiros), sendo classificada como uma cidade pequena, de dinâmica agrícola tecnificada (PORTELA & PARPINELLI, 2009).

O município de Campo Novo do Parecis está localizado na bacia dos Parecis, que geomorfologicamente é caracterizada pela presença de dois sistemas de aplainamento que se desenvolveram sobre rochas da Bacia Sedimentar dos Parecis e correspondem à Chapada dos Parecis e ao Planalto dos Parecis. A Chapada dos Parecis tem altitudes que variam de 470 a 640 m, enquanto que o Planalto dos Parecis apresenta altitudes entre 350 e 550 m e se desenvolve ao longo dos vales. A Bacia dos Parecis é tratada como um sistema aquífero poroso, livre e carente de dados hidrogeológicos (ANA, 2005). Possui como formações aquíferas: Ronuro, Utiariti e Salto das Nuvens. O Aquífero Utiariti, em particular, se distribui na porção centro-oeste do Mato Grosso, onde se localiza Campo Novo do Parecis (CPRM, 2012). Portanto, o Aquífero Utiariti pode ser o principal destino da contaminação por resíduos de agrotóxicos empregados nas culturas agrícolas locais. A formação Utiariti, porção superior do Grupo Parecis, compõe-se de arenitos com cores variadas, desde amarela, roxa a vermelha, compostos essencialmente de quartzo e feldspato (CPRM, 2012). São maciços, mas podem localmente

apresentar estratificação plano-paralela ou cruzada de pequeno porte. A granulometria varia de fina a média, com ocorrência de seixos nas porções basais (BAHIA *et al.*, 2006). O aquífero Utiariti possui águas de tendência ácida, com pH entre 4,1 e 7,0. A condutividade elétrica varia entre 5 e 12 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. As águas do Utiariti estão dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para consumo humano e animal, exceto pela concentração de ferro total em Campo Novo dos Parecis (CPRM, 2012).

Os dados sobre o tipo de solo foram obtidos a partir de estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006; SANTOS *et al.*, 2006). Os solos da região de Campo Novo do Pareci — como Latossolos Vermelho-Amarelos, que estendem-se por cerca de 262.000 km^2 , principalmente em sua porção centro-norte, no Planalto dos Parecis, desde Brasnorte a oeste até São Félix do Araguaia e Cocalinho a leste; e de Peixoto de Azevedo a norte até Nova Mutum e Diamantino, a sul — são solos profundos ou muito profundos, bem drenados, com textura argilosa, muito argilosa ou média. Os solos de textura argilosa ou muito argilosa possuem baixa densidade aparente e porosidade total alta a muito alta.

O levantamento dos agrotóxicos aplicados na região e no entorno de Campo Novo do Parecis foi realizado por meio de entrevista, com questionário simples, aos principais fornecedores de produtos agrícolas da região, solicitando a lista das formulações de agrotóxicos mais comercializados para os agricultores da região nos últimos cinco anos. A identificação dos princípios ativos, da classe química e das classificações toxicológica e ambiental dos agrotóxicos comercializados em Campo Novo do Parecis foi realizada através do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT, 2011), que é um banco de dados dos produtos agrotóxicos e afins registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com informações do Ministério da Saúde (ANVISA) (GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013). As propriedades físico-químicas dos princípios ativos foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica em trabalhos publicados anteriormente (FERRACINI *et al.*, 2001; SOUZA, 2006) e em banco de dados de acesso livre (EXTOXNET, 2011).

O risco de contaminação de águas subterrâneas foi realizado de acordo com índice de GUS e de acordo com os critérios da EPA (ANDRADE *et al.*, 2011; FERRACINI *et al.*, 2001; GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013; PRIMEL *et al.*, 2005). Os critérios de *screening* sugeridos pela EPA utilizam as propriedades físico-químicas, bem como uma faixa característica para cada princípio ativo, conforme descrito na Tabela 1.

De acordo com a Tabela 1, agrotóxicos com solubilidade em água maior do que 30 mg L^{-1} indicam alta capacidade de se solubilizar e permanecerem nesse compartimento. Se o coeficiente de sorção à matéria orgânica (K_{oc}), por outro lado, apresentar valor menor do que 500, indica uma alta capacidade do agrotóxico se movimentar pelo solo (baixa

retenção no solo), podendo alcançar águas subterrâneas. A constante da lei de Henry (K_H) é um parâmetro relacionado à volatilidade do agrotóxico, que indica a distribuição do composto entre a fase líquida e a fase gasosa, dependendo da temperatura. Resíduos de agrotóxicos que possuem valores de K_H menores do que $10^{-2} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$ apresentam baixa volatilidade e tendem a permanecer na água. Além disso, quanto maior o tempo de meia-vida dos agrotóxicos no solo ou em água, maior o potencial de contaminação dos compartimentos ambientais, uma vez que essas substâncias permanecerão nesses ambientes, acumulando seus resíduos (MILHOME *et al.*, 2009). O índice de GUS considera os valores de meia-vida dos compostos no solo ($DT_{50 \text{ solo}}$) e do K_{oc} , não levando em consideração outras propriedades físico-químicas, de acordo com a Equação 1 (GUSTAFSON, 1989; PRIMEL *et al.*, 2005):

$$GUS = \log(DT_{50 \text{ solo}}) \times (4 - \log K_{oc}) \quad (1)$$

onde:

GUS: índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas;

$DT_{50 \text{ solo}}$: valor de meia-vida do composto no solo;

K_{oc} : coeficiente de sorção à matéria orgânica.

De acordo com o valor obtido, os princípios ativos são classificados de acordo com a tendência a sofrer lixiviação, conforme os seguintes intervalos: $GUS < 1,8$ (não sofre lixiviação); $1,8 < GUS < 2,8$ (faixa de transição); $GUS > 2,8$ (provável lixiviação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em virtude do tipo de solo da região e de suas características físico-químicas, pode-se considerar que na região de Campo Novo do Pareci, Mato Grosso, o solo favorece a percolação de princípios ativos, contribuindo para o aumento do risco de contaminação de águas subterrâneas. Através do levantamento realizado sobre os produtos utilizados nas áreas agrícolas do município, foi verificado o uso de 114 produtos agrícolas na região. Desses, 17 não apresentam registro do sistema AGROFIT *online*. De acordo com Gama, Oliveira e Cavalcante (2013), o uso de agrotóxicos que se encontram sem

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas dos agrotóxicos utilizadas nos critérios de *screening* da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Parâmetros dos agrotóxicos	Faixa
Solubilidade em água (mg L^{-1})	>30
Coefficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}) (mL g^{-1})	300 a 500
Constante da Lei de Henry (K_H) ($\text{Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$)	< 10^{-2}
Meia-vida no solo ($DT_{50 \text{ solo}}$) (dias)	14 a 21
Meia-vida na água ($DT_{50 \text{ água}}$) (dias)	>175

Fonte: Gama, Oliveira e Cavalcante (2013).

registro pode estar relacionado a necessidades emergenciais e a produtos não autorizados para comercialização, como defensivos agrícolas ou contrabando, em casos menos comuns. Foram verificados que três produtos não apresentam classe química definida, sendo um denominado bioestimulante de origem vegetal, outro como espalhante adesivo e outro como óleo metilado, que podem ser misturas contendo dois ou mais princípios ativos por produto.

O grande número de agrotóxicos é reflexo do aumento da produção de grandes culturas na região. Segundo a Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso (APROSOJA, 2014), 12 municípios do estado possuem superávit maior do que 25 milhões. Desses, 11 têm na produção agrícola a sua principal atividade econômica, são eles: Sorriso, Primavera do Leste, Sapezal, Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Alto Taquari, Campo Novo do Parecis, Itiquira, Campos de Júlio, Campo Verde e Querência.

De acordo com os critérios da EPA, agrotóxicos que possuem propriedades como elevada solubilidade em água, baixa adsorção à matéria orgânica no solo e alta meia-vida no solo tendem mais a atingirem o lençol freático, potencializando o risco de contaminação. Em relação ao método de GUS, compostos classificados na faixa de transição e de lixiviação podem oferecer risco potencial de contaminação. Os compostos caracterizados com potencial de lixiviação nulo ($GUS < 1,8$) podem ser considerados não contaminantes em águas subterrâneas (MARQUES, 2005).

Quanto à toxicidade, dos 114 produtos comercializados na região de estudo, observa-se que 43,8% pertencem às classes I e II (extremamente tóxicos e altamente tóxicos, respectivamente) (Figura 1). Quanto à classificação ambiental, 45,6% pertencem às classes I e II (produto altamente perigoso e muito perigoso ao meio ambiente,

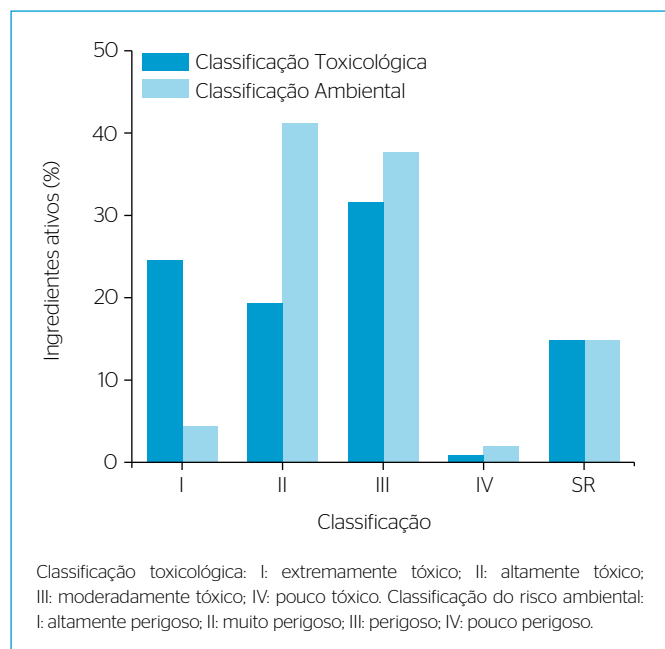


Figura 1 - Porcentagem de agrotóxicos classificados de acordo com a toxicologia e os riscos ambientais.

respectivamente). Embora os valores apontados sejam inferiores aos encontrados em estudos realizados em outras regiões (ANDRADE *et al.*, 2011; GAMA; OLIVEIRA; CAVALCANTE, 2013), esses dados mostram a necessidade de estudos sobre utilização desses agrotóxicos nas atividades agrícolas da região.

As propriedades físico-químicas relevantes dos agrotóxicos em uma análise de risco de contaminação de corpos hídricos (solubilidade em água, K_{OC} , meia-vida no solo, K_H e índice de GUS), ocasionada pelos princípios ativos utilizados na região do município de Campo Novo do Parecis, estão apresentadas na Tabela 2.

Quanto maior a persistência (meia-vida) e a solubilidade em água, e menores o K_{OC} e a K_H para determinado princípio ativo, maior será seu transporte no ambiente e, conseqüentemente, maior a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais (ANDRADE *et al.*, 2011). Dessa forma, ao analisar a Tabela 2, observa-se que princípios ativos como ciproconazol, clomazone, lactofem, tiametoxam, dentre outros, apresentam características que favorecem o transporte, enquanto que azoxistrobina, b-ciflutrina, clorpirifós, endossulfam, tiofanato-metilico, dentre outros, apresentam características desfavoráveis ao transporte.

O potencial de contaminação de águas subterrâneas pelos princípios ativos mais empregados na região de Campo Novo do Parecis está sintetizado na Tabela 3.

A análise do potencial de contaminação de águas subterrâneas pelos resíduos de agrotóxicos utilizando o índice de GUS e os critérios da EPA estão representados na Figura 2.

Como pode ser verificado, de acordo com o índice de GUS, 13,0% dos agrotóxicos podem ser considerados como potenciais contaminantes (PC), 17,4% estão na faixa de transição (T), 56,5% são classificados como não contaminantes (NC) e 8,7% como inconclusivos (I). Pela avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas pelos resíduos de agrotóxicos, segundo os critérios da EPA, observa-se que 37,0% são enquadrados como PC, 37,0% como NC, 17,4% como T e 4,3% como I. A análise considerando ambos os critérios (de GUS e da EPA) mostrou que 39,1% se enquadram como NC, 26,1% como PC, 17,4% inconclusivos e 13,0% na faixa de T. Em ambos os critérios, 4,3% dos princípios ativos (como por exemplo, óleo metilado e óleo mineral) não foram avaliados por não possuírem classificação.

Os princípios ativos classificados como PC de águas subterrâneas, segundo o índice de GUS e os critérios da EPA foram: 2,4-D, azoxistrobina, carbendazim, ciproconazol, clomazone, diurom, fomesafem, imazetapir, imidacloprido, tebuconazole e tiametoxam, sendo recomendados estudos futuros de monitoramento de contaminação na região. Dentre estes agrotóxicos, alguns foram detectados em outras regiões do estado (CARBO *et al.*, 2008; POSSAVATZ *et al.*, 2014).

Para alguns princípios ativos, observou-se a disparidade entre os dois critérios na avaliação do potencial de contaminação de águas

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas dos princípios ativos comumente empregados na agricultura da região de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso.

Agrotóxico	Categoria de uso	Classe química	Solubilidade em água ^a (mg L ⁻¹)	DT ₅₀ solo ^b (dias)	K _{oc} ^c (mL g ⁻¹)	K _H ^d (Pa m ³ mol ⁻¹)
2,4-D	herbicida	ácido fenoxi carboxílico	2,3 x 10 ⁴	<7,0	2,0 x 10 ¹	1,30 x 10 ⁻⁵
Acefato	inseticida	organofosforado	7,9 x 10 ⁵	<3,0	2,7	5,15 x 10 ⁻⁸
Azoxistrobina	fungicida	estrobirulina	6,0	78,0	2,0 x 10 ²	7,30 x 10 ⁻⁹
β-ciflutrina	inseticida	piretroide	2,0 x 10 ⁻³	13,0	6,4 x 10 ⁴	8,10 x 10 ⁻³
Bifentrina	inseticida	piretroide	1,0 x 10 ⁻³	26,0	2,4 x 10 ⁵	7,74 x 10 ⁻⁵
Carbendazim	fungicida	benzimidazol	8,0	40,0	4,0 x 10 ²	3,60 x 10 ⁻³
Cipermetrina	inseticida	piretroide	9,0 x 10 ⁻³	60,0	1,6 x 10 ⁵	2,00 x 10 ⁻²
Ciproconazol	inseticida	triazol	9,3 x 10 ¹	142,0	3,9 x 10 ²	5,00 x 10 ⁻⁵
Cletodin	herbicida	oxima ciclohexadiona	5,4 x 10 ³	0,6	3,0 x 10 ³	1,40 x 10 ⁻⁷
Clomazone	herbicida	isoxazolidinona	1102	83,0	3,0 x 10 ²	4,20 x 10 ⁻³
Clorflazurom	inseticida	benzoilureia	1,6 x 10 ⁻²	90,0	2,1 x 10 ⁴	5,41 x 10 ⁻⁴
Clorpirifós	inseticida	organofosforado	1,0	50,0	8,2 x 10 ³	0,48
Diflubenzurom	inseticida	benzoilureia	8,0 x 10 ⁻²	3,0	4,6 x 10 ³	4,70 x 10 ⁻⁴
Diurom	herbicida	ureia	3,6 x 10 ¹	75,5	8,1 x 10 ²	2,00 x 10 ⁻⁶
Endossulfam	inseticida	organoclorado	0,3	50,0	1,2 x 10 ⁴	1,48
Epoxiconazol	fungicida	triazol	7,1	354,0	1,1 x 10 ³	4,71 x 10 ⁻⁴
Fenoxaprop-e etílico	herbicida	ácido ariloxifenoxipropiônico	0,7	0,4	1,1 x 10 ⁴	2,74 x 10 ⁻⁴
Finopril	inseticida	pirazol	3,8	142,0	8,2 x 10 ²	2,31 x 10 ⁻⁴
Fluazinam	fungicida	fenilpidinilamina	0,1	11,0	1,6 x 10 ⁴	2,59 x 10 ¹
Flumicloraque Pentílico	herbicida	ciclohexenodocarboximida	0,2	2,5	3,0 x 10 ¹	-
Fluquinconazol	fungicida	triazol	1,2	350,0	-	2,90 x 10 ⁻⁶
Fomesafem	herbicida	éter difenílico	5,0 x 10 ¹	86,0	5,0 x 10 ¹	2,00 x 10 ⁻⁷
Glifosato	herbicida	glicina	1,0 x 10 ⁴	12,0	2,2 x 10 ⁴	2,10 x 10 ⁻⁷
Imazetapir	herbicida	imidazolinona	1,4 x 10 ³	90,0	5,2 x 10 ¹	1,30 x 10 ⁻²
Imidacloprido	inseticida	neonicotinoide	6,1 x 10 ²	191,0	2,5 x 10 ²	1,70 x 10 ⁻¹⁰
Lactofem	herbicida	éter difenílico	0,5	4,0	1,0 x 10 ⁴	4,56 x 10 ⁻³
λ-cialotrina	inseticida	piretroide	5,0 x 10 ⁻³	25,0	1,6 x 10 ⁵	2,00 x 10 ⁻²
Metamidofós	inseticida	organofosforado	2,0 x 10 ⁵	3,5	1,0	1,60 x 10 ⁻⁵
Metomil	inseticida	carbamato	5,5 x 10 ⁴	7,0	2,5 x 10 ¹	2,13 x 10 ⁻⁶
Novalurom	inseticida	benzoilureia	3,0 x 10 ⁻³	72,0	9,6 x 10 ³	2,00
Paraquate	herbicida	bipiridílio	6,2 x 10 ⁵	3000,0	1,0 x 10 ⁶	4,00 x 10 ⁻¹²
Parationa-metilica	inseticida	organofosforado	5,5 x 10 ¹	12,0	2,4 x 10 ²	8,57 x 10 ⁻³
Permetrina	inseticida	piretroide	0,2	13,0	1,0 x 10 ⁵	1,89 x 10 ¹
Picoxistrobina	fungicida	estrobirulina	3,1	20,0	9,0 x 10 ²	6,00 x 10 ⁻⁴
Piraclostrobina	fungicida	estrobirulina	1,9	32,0	1,1 x 10 ⁴	5,31 x 10 ⁻⁶
Protioconazol	fungicida	triazolintiona	3,0 x 10 ²	0,5	-	3,00 x 10 ⁻⁵
Tebuconazole	fungicida	triazol	3,6 x 10 ¹	62,0	7,7 x 10 ²	1,00 x 10 ⁻⁵
Tetraconazole	fungicida	triazol	1,6 x 10 ²	61,0	-	3,60 x 10 ⁻⁴
Tiodicarbe	inseticida	metilcarbamato de oxima	2,2 x 10 ¹	0,7	-	4,31 x 10 ⁻²
Tiofanato-metilico	fungicida	benzimidazol	2,0 x 10 ¹	0,6	2,1 x 10 ²	8,10 x 10 ⁻⁵
Tiametoxam	inseticida	neonicotinoide	4,1x10 ³	50,0	7,0 x 10 ¹	4,70 x 10 ⁻¹⁰
Tiram	fungicida	dimetilditocarbamato	1,6 x 10 ¹	15,2	9,6 x 10 ³	3,30 x 10 ⁻²
Trifloxistrobina	fungicida	estrobilurina	0,6	7,0	2,4 x 10 ³	2,30 x 10 ⁻³
Triflumurom	inseticida	benzoilureia	4,0 x 10 ⁻²	22,0	1,2 x 10 ⁴	1,79 x 10 ⁻³

^aSolubilidade em água a 20°C; ^btempo de meia-vida no solo; ^ccoeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo; ^dconstante da lei de Henry a 25°C.

Tabela 3 - Risco de contaminação de águas subterrâneas segundo critérios estabelecidos pelo índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Pesticida	GUS	EPA	Ambos
2,4 D	T	PC	PC
Acefato	NC	PC	I
Azoxistrobina	T	PC	PC
β -ciflutrina	NC	NC	NC
Bifentrina	NC	PC	T
Carbendazim	T	PC	PC
Cipermetrina	NC	T	NC
Ciproconazol	PC	PC	PC
Cletodin	NC	PC	T
Clomazone	T	PC	PC
Clorfluzurom	NC	PC	I
Clorpirifós	NC	NC	NC
Diflubenzurom	I	NC	I
Diurum	T	PC	PC
Endossulfam	NC	NC	NC
Epoxiconazol	PC	T	PC
Fenoxapropo-p etílico	NC	NC	NC
Finopril	T	T	T
Fluazinam	NC	NC	NC
Flumicloraque-pentílico	NC	NC	NC
Fluquinconazol	I	I	I
Fomesafem	PC	PC	PC
Glifosato	NC	PC	T
Imazetapir	PC	PC	PC
Imidacloprido	PC	PC	PC
Lactofem	NC	NC	NC
λ -cialotrina	NC	NC	NC
Metamidofós	T	T	T
Metomil	NC	T	NC
Novalurom	NC	NC	NC
Óleo metilado	NA	NA	NA
Óleo mineral	NA	NA	NA
Paraquate	NC	NC	T
Parationa-metílica	NC	T	NC
Permetrina	NC	NC	NC
Picoxistrobina	NC	NC	NC
Piraclostrobina	NC	PC	I
Protioconazol	I	T	I
Tebuconazole	T	PC	PC
Tetraconazole	I	I	I
Tiodicarbe	NC	NC	NC
Tiofanato-metílico	NC	T	NC
Tiametoxam	PC	PC	PC
Tiram	NC	NC	NC
Trifloxistrobina	NC	NC	NC
Triflumurom	NC	NC	I

GUS: índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas; EPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos; T: faixa de transição; PC: potencial contaminante; NC: não contaminante; I: inconclusivo; NA: não avaliado.

subterrâneas, que pode ser justificada pelos parâmetros adotados em cada modelo. O critério da EPA utiliza um número maior de parâmetros em sua avaliação em relação ao índice de GUS. Compostos classificados na faixa de T ou de PC de acordo com o índice de GUS requerem estudos adicionais usando métodos mais detalhados. No entanto, compostos classificados como NC podem, seguramente, ser considerados como não contaminantes de águas subterrâneas (COHEN *et al.*, 1995). Assim, seria recomendável utilizar os princípios ativos β -ciflutrina, clorpirifós, endossulfam, fenoxapropo-P-etílico, fluazinam, flumicloraque-pentílico, lactofem, l-cialotrina, novalurom, paraquate, permetrina, picoxistrobina, tiodicarbe, tiram, trifloxistrobina e triflumurom, pois são classificados como não contaminantes de águas subterrâneas e devem ter seu uso priorizado em práticas agrícolas realizadas em áreas com risco de contaminação.

Estudo realizado na região de Primavera do Leste, Mato Grosso, aponta que agrotóxicos como clorimuron-etil, fomesafen e imazetapir possuem maior mobilidade no ambiente, sendo considerados como CP naquela região (DORES & DE-LAMONICA-FREIRE, 2001). Dos agrotóxicos levantados neste estudo, clorpirifós, endossulfam, l-cialotrina e permetrina foram detectados em 10 de 216 amostras de sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, evidenciando que há potencial para transporte de resíduos de agrotóxicos para dentro do ambiente aquático (POSSAVATZ *et al.*, 2014). Carbendazim, diuron, imidacloprido, l-cialotrina, metomil e tebuconazol também já foram detectados em águas subterrâneas de outras regiões (CARBO *et al.*, 2008; HERRERO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2013; PINHEIRO; SILVA;

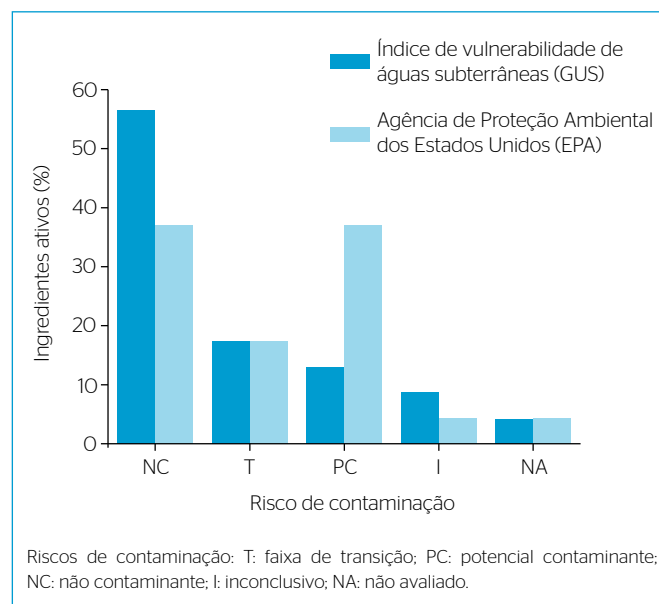


Figura 2 - Risco de contaminação das águas subterrâneas da região de estudo de acordo com o índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas e os critérios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

KRAISCH, 2010), que apesar de apresentarem solos de características diferentes do Latossolo Vermelho-Amarelo da região de Campo Novo do Parecis, indicam a alta capacidade que essas substâncias possuem de se movimentarem por solos de perfis diversos, potencializando o risco de contaminação das águas subterrâneas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que uma grande quantidade de agrotóxicos de classes altamente toxicológicas e com risco de contaminação ambiental está sendo aplicada na região de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, uma vez que 45,6% dos produtos comercializados se enquadram nas classes I e II da classificação ambiental, altamente perigosos e muito perigosos, respectivamente. Conclui-se, ainda, que 26,1% dos ingredientes ativos listados empregados na região representam algum tipo de risco de contaminação de águas subterrâneas, considerando os critérios GUS e da EPA. Esse resultado reforça a

necessidade de implementação de programas de avaliação do impacto ambiental provocado pelo uso de agrotóxicos nas culturas da Região de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso.

As informações sobre os agrotóxicos geradas neste trabalho representam uma iniciativa para a avaliação das condições ambientais na região de Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, podendo ser aproveitada para nortear o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa que venham a contribuir para a qualidade ambiental, visando assegurar a sustentabilidade de uma região agrícola importante para o crescimento do país.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas e suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (2005) *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. In: ANA. Cadernos de Recursos Hídricos. Volume 2. Brasília: ANA.
- AGROFIT SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS - AGROFIT (2011). Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 3 out. 2011.
- ANDRADE, A.S.; QUEIROZ, V.T.; LIMA, D.L.; DRUMOND, L.C.D.; QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A. (2011) Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba - MG. *Química Nova*, v. 34, n. 7, p. 1129-1135.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO - APROSOJA. (2014) *Municípios "eficientes" estão em áreas com produção de grãos*. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/noticias/municipios-eficientes-estao-em-areas-com-producao-de-graos_189488.html>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- BAHIA, B.C.R.; MARTINS-NETO, M.A.; BARBOSA, M.S.C.; PEDREIRA, A.J. (2006) Revisão estratigráfica da Bacia dos Parecis - Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 4, p. 692-703.
- BRASIL. (2005) Resolução CONAMA nº 357, de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>>. Acesso em: 01 set. 2016.
- BRASIL. (2011) Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- CARBO, L.; SOUZA, V.; DORES, E.F.G.C.; RIBEIRO, M.L. (2008) Determination of pesticides multiresidues in shallow groundwater in a cotton-growing region of Mato Grosso, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 19, n. 6, p. 1111-1117.
- CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. (2015) *Dossiê ABRASO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. Vol. 1. São Paulo: Expressão Popular.
- COHEN, S.Z.; WAUCHOPE, R.D.; KLEIN, A.W.; EADSFORTH, C.V.; GRANEY, R.L. (1995) Offsite transport of pesticides in water: mathematical models of pesticide leaching and runoff. *Pure & Applied Chemistry*, v. 67, n. 12, p. 2109-2148.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. (2012) *Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico*. Aquíferos Ronuro, Salto das Nuvens e Utariti no Estado do Mato Grosso - Bacia Sedimentar Dos Parecis. Vol. 9. Belo Horizonte: CPRM Serviço Geológico do Brasil.
- DORES, E.F.G.C. & DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. (2001) Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso - análise preliminar. *Química Nova*, v. 24, n. 1, p. 27-36.

- EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK - EXTTOXNET. (2011) Disponível em: <<http://exttoxnet.orst.edu/>>. Acesso em: 4 jul. 2011.
- FERRACINI, VL.; PESSOA, M.C.Y.P.; SILVA, A.S.; SPADOTTO, C.A. (2001) Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 11, p. 1-16.
- FILIZOLA, H.F.; FERRACINI, VL.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, C.J.A. (2002) Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 5, p. 659-667.
- GAMA, A.F.; OLIVEIRA, A.H.B.; CAVALCANTE, R.M. (2013) Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense. *Química Nova*, v. 36, n. 3, p. 462-467.
- GOSS, D.W. (1992) Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. *Weed Technology*, v. 6, n. 3, p. 701-708.
- GUSTAFSON, D.I. (1989) Groundwater Ubiquity Score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 8, n. 4, p. 339-357.
- HERRERO-HERNÁNDEZ, E.; ANDRADES, M.S.; ÁLVAREZ-MARTIN, A.; POSE-JUAN, E.; RODRIGUEZ-CRUZ, M.S.; SANCHEZ-MARTIN, M.J. (2013) Occurrence of pesticides and some of their degradation products in waters in a Spanish wine region. *Journal of Hydrology*, v. 486, p. 234-245.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2012) Cidades@. Mato Grosso. Campo Novo do Pareceis. Produção agrícola municipal - lavoura temporária 2012. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=510263&idtema=123&search=mato-grossolcampo-novo-do-parecislavoura-temporaria-2012>>. Acesso em: 20 jan. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2015) Cidades@. Mato Grosso. Campo Novo do Pareceis. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=510263>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- MARQUES, M.N. (2005) *Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo: uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade*. 218f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MILHOME, M.A.L.; SOUSA, D.O.B.; LIMA, F.A.F.; NASCIMENTO, R.F. (2009) Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 363-372.
- OLIVEIRA, E.; MAGGI, M.F.; MATOS, E.; RAMOS, M.S.; VAGNER, M.W.; LOPES, E.C. (2009) Technology of application of defensives and relations with the risk of contamination of the water and soil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 2, n. 3, p. 161-169.
- PINHEIRO, A.; SILVA, M.R.; KRAISCH, R. (2010) Presença de pesticidas em águas superficiais e subterrâneas na bacia do Itajaí, SC. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 7, n. 2, p. 17-26.
- PORTELA, A.L.S. & PARPINELLI, N.L. (2009) Caracterização de uma cidade pequena inserida no contexto do agronegócio mato-grossense. In: *XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária*. São Paulo: ENGA. p. 1-18.
- POSSAVATZ, J.; ZEILHOFER, P.; PINTO, A.A.; TIVES, A.L.; DORES, E.F.G.C. (2014) Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 9, n. 1, p. 83-96.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO NOVO DO PARECIS - PMCNP. (2013) *Minuta do plano municipal de saneamento básico - PMSB da cidade*. Módulo: Água e Esgoto. Disponível em: <<http://www.camponovodoparecis.mt.gov.br/index.php/Publicacoes/>>. Acesso em: 02 fev. 2014.
- PRIMEL, E.G.; ZANELLA, R.; KURZ, M.H.S.; GONÇALVES, F.F.; MACHADO, S.O.; MARCHEZAN, E. (2005) Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, v. 28, n. 4, p. 605-609.
- SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (2006) *A cultura do arroz no Brasil*. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- SANTOS, H.G.; FIDALGO, E.C.C.; COELHO, M.R.; ÁGLIO, M.L.D. (2006) *Cultivo do arroz de terras altas no estado de Mato Grosso: solos*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão Sistemas de Produção.
- SILVA, C.M.M.S. & FAY, E.F. (2004) *Agrotóxicos e ambiente*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. v. 1.
- SILVÉRIO, F.O.; SILVA, J.G.S.; AGUIAR, M.C.S.; CACIQUE, A.P.; PINHO, G.P. (2012) Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura por cromatografia líquida de alta eficiência. *Química Nova*, v. 35, n. 10, p. 2052-2056.
- SOUZA, V. (2006) *Avaliação da contaminação de águas por resíduos de pesticidas em área de cultura de algodão: Região de Primavera do Leste - MT*. 124f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara.