

## ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR PESTICIDAS APLICADOS NA AGRICULTURA NO CONDOMÍNIO DE IRRIGAÇÃO DO REALEJO EM CRATEÚS-CE

Ant. Mayza M. França<sup>1</sup>, Louhana M. Rebouças<sup>1</sup>  
Maria C. A. F. Rosendo, Driele A. Ferreira<sup>1</sup>, Ant. Maira M. França<sup>1</sup>  
Wildson Max Barbosa da Silva<sup>2</sup>  
Francisco Wagner de Sousa<sup>1,3</sup>

### Resumo

Os pesticidas, geralmente, são definidos como um vasto grupo de compostos químicos sintéticos ou naturais utilizados para eliminar pragas e outras ameaças biológicas que atacam culturas agrícolas. Essas substâncias podem ser classificadas de acordo com o modo de ação, sendo, portanto dividido em inseticidas, fungicidas, herbicidas, desfolhantes, fumigantes, rodenticidas ou raticidas, nematicidas e acaricidas. A principal finalidade dessas ações em lavouras é garantir maior produtividade nas áreas de cultivos de alimento, além contribuir para melhorar as características qualitativas desses produtos. No entanto, o uso excessivo desses agrotóxicos pode acarretar diversos problemas para a população e para o meio ambiente, dos quais destacam-se: sérias contaminações no solo, e algumas contaminações dos recursos hídricos localizados próximos das plantações. Além disso, é importante destacar que falta de conhecimento da população, principalmente dos agricultores, também é visto como outro problema bastante agravante, pois de acordo com a literatura, são poucos estudos científicos que objetivam identificar as propriedades físico-químicas dessas substâncias. Tendo em vista esse contexto, o principal objetivo desse trabalho é avaliar o potencial de contaminação dos pesticidas aplicados no perímetro irrigado do Realejo. Para isso, análises foram realizadas mediante critérios da Environmental Protection Agency (EPA), índice de GUS e método de GOSS, onde foi possível verificar que à maioria dos pesticidas analisados apresentaram riscos de contaminação para águas de superfície e subterrâneas, além da maioria ser classificada, de acordo com a literatura, como extremamente e medianamente tóxico, no qual, poderá acarretar diversos prejuízos para o homem e para o meio ambiente.

### Abstract

Pesticides are generally defined as a large group of natural or synthetic chemical compounds used to eliminate biological threats and other pests which attack crops. These substances can be classified according to the mode of action and is therefore divided into insecticides, fungicides, herbicides, defoliant, fumigants, rodenticides or rodenticides, miticides and nematicides. The main purpose of these actions is to ensure higher productivity crops in the areas of food crops, besides helping to improve the quality characteristics of these products. However, excessive use of these pesticides can cause many problems for the population and the environment, which include: serious contamination in the soil, and some contamination of water resources located

<sup>1</sup> Laboratório de Química do Materiais, Ambiental e Orgânica (LQMAO) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campos Crateús-Crateús. R. Lopes Vieira, s/n, Bairro dos Venâncios, CEP 63700-000 -Crateús-CE, Brasil.

<sup>2</sup> FVJ – Faculdade Vale do Jaguaribe – Curso de Farmácia – Rodovia CE 040 S/N, KM 138, 63635-000, Aeroporto, Aracati-CE, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Análise Traços (LAT) - Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici s/n, 60455-560, Fortaleza-CE, Brasil.

near the plantations. Moreover, it is important to note that lack of public knowledge , especially farmers , is also seen as another very aggravating problem , since according to the literature , there are few scientific studies that aim to identify the physico-chemical properties of these substances. Given this context, the main objective of this study is to evaluate the potential for contamination of pesticides applied in the irrigation district of Realejo. For this, analyzes were carried out by criteria of Environmental Protection Agency ( EPA ) , GUS index and GOSS method, where we found that the majority of pesticides analyzed showed contamination risks to surface and groundwater, as well as most are classified according to the literature as highly and moderately toxic, which may cause various damages to man and the environment.

## 1. INTRODUÇÃO

Os pesticidas, geralmente, são definidos como um vasto grupo de compostos químicos sintéticos ou naturais (conhecidos como “venenos de lavouras” ou “agrotóxicos”) utilizados para eliminar pragas e outras ameaças biológicas que atacam culturas agrícolas (AMARO, 2003, e FENIK et. 2011). Essas substâncias podem ser classificadas de acordo com o modo de ação, ou seja, de acordo com organismo que se pretende combater, sendo, portanto dividido em inseticidas, fungicidas, herbicidas, desfolhantes, fumigantes, rodenticidas ou raticidas, nematocidas e acaricidas (RITA e MATSUMURA, 2009).

Segundo Oliveira e Calheiros (2006), a principal finalidade da ação desses “venenos” em lavouras é garantir maior produtividade nas áreas de cultivos de milho, arroz, feijão, soja, cana-de-açúcar e algodão, além de melhorar as características qualitativas desses alimentos. No entanto, seu uso excessivo pode acarretar diversos problemas para a população e para o meio ambiente, dos quais destacam-se: sérias contaminações no solo, e algumas contaminações dos recursos hídricos localizados próximos das plantações.

Além disso, é importante destacar que de acordo com a literatura, a falta de conhecimento da população (principalmente dos agricultores) sobre os malefícios que essas substâncias podem proporcionar, também é vista como outro problema bastante agravante, pois são poucos estudos científicos que objetivam identificar suas propriedades físico-químicas, bem como a potencialidade de contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas (GILLIOM, 2007).

Na localidade de Realejo, muitos agricultores fazem uso desse tipo de substância, principalmente em seu perímetro irrigado. Esta comunidade faz parte do

distrito de Mucambo, localizado a 18 km da sede Crateús e que possui um perímetro irrigado com uma área de aproximadamente 400 hectares, onde há cultivo de diversas frutas (algodão, feijão, milho, cana-de-açúcar, entre outros) além de ser abastecido pelo açude fica no leito do riacho carrapateiras com um volume de 31 milhões de metros cúbicos.

Os órgãos governamentais como DNOCS, EMATERCE e COGERH prestam assistência ao condomínio de irrigação daquela região, que apesar da boa produtividade do perímetro irrigado, a produção agrícola de diversas culturas é especialmente vulnerável a problemas de pestes e não seria economicamente viável a não utilização de agrotóxico. Assim, em todas as áreas agrícolas o uso de moléculas de agroquímicos gera um risco ao meio ambiente, representado por seus recursos naturais, ar, em especial as águas superficiais e subterrâneas.

Nesse contexto, o principal objetivo desse trabalho é avaliar o potencial de contaminação dos pesticidas aplicados no perímetro irrigado do Realejo visando contribuir para tomada de decisão e conhecimento dos principais agrotóxicos persistentes nas águas superficiais e subterrâneas desta comunidade que tem na agricultura sua principal atividade.

## **2. METODOLOGIA**

Inicialmente realizou-se um levantamento dos principais pesticidas aplicados no perímetro irrigado do Realejo para posteriormente fazer a avaliação do potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

### **➤ Levantamento dos pesticidas aplicados perímetro irrigado do Realejo**

De acordo com dados do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), existem, atualmente, no perímetro irrigado do Realejo 42 pequenos produtores dedicados à atividade agrícola, ocupando uma área total de 400 ha com sistema de pivô central na irrigação. O perímetro irrigado produz atualmente: milho, feijão, mamona, soja, sorgo, algodão, frutas.

As informações sobre os principais pesticidas aplicados pelos agricultores foram obtidas em visita realizada na escola agrícola da comunidade do Realejo, além de dados coletados nos principais pontos de venda de agrotóxicos da região.

### **➤ Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas**

Para analisar o risco potencial de contaminação de águas subterrâneas na referente região, utilizou-se o critério de screening indicado pela a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e o índice de Groundwater Ubiquity Score (GUS) (Primel et al, 2005; Dores e Freire, 2001).

**a) Critério da EPA**

De acordo com o método de *screening* indicado pela EPA na análise preliminar de riscos de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas consideram-se os seguintes critérios:

- Solubilidade dos pesticidas em água (S) > 30 mg.L-1
- Coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo ( $K_{oc}$ ) < 300 – 500 mL.g-1
- Constante da Lei de Henry ( $K_H$ ) < 10-2 Pa.m<sup>3</sup>.mol-1
- Especificação (Esp): negativamente carregado a pH normal do ambiente (5 a 8)
- Meia-vida no solo > 14 a 21 dias
- Meia-vida na água > 175 dias

Por meio das análises feitas utilizando esses critérios, as substâncias que se enquadrarem são consideradas como alto potencial de contaminação.

**b) Índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas (GUS)**

Por meio dos valores de meia-vida dos compostos no solo (DT50<sub>solo</sub>) e do coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo ( $K_{oc}$ ), sem levar em consideração outras propriedades, como solubilidade em água, o índice de GUS é adquirido utilizando a Equação 1 .

$$GUS = \log (DT50_{solo}) \times (4 - \log K_{oc}) \quad \text{Equação 1}$$

As listras de categorização dos compostos de acordo com sua tendência à lixiviação são:

- GUS < 1,8: não sofre lixiviação
- 1,8 < GUS < 2,8: faixa de transição
- GUS > 2,8: provável lixiviação

➤ **Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais**

Avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais foi realizada de acordo com o previsto pelos critérios propostos por GOSS, no qual, os pesticidas foram classificados em alto e baixo potencial de contaminação em função do transporte associado aos sedimentos ou dissolvidos em água.

Os pesticidas que não se enquadram a esse critério citado são considerados de potencial intermediário de contaminação para águas superficiais (MARQUES, 2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **Pesticidas aplicados no perímetro irrigado do Realejo:**

São vários agrotóxicos (pesticidas) que vêm sendo utilizado na região do realejo. Na tabela 1, foram destacados o princípio ativo de cada substância, o nome comercial e algumas informações sobre as características desses compostos (Classe, Toxicidade, Fórmula Molecular e Grupo Químico).

**Tabela 1.** Pesticidas frequentemente utilizados no perímetro irrigado do Realejo/ Crateús-Ce.

Classe	Princípio Ativo	Fórmula Molecular	Nomes Comerciais	Grupo Químico	Toxicidade *
Herbicida	Glifosato	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>5</sub> P	Direct GLF001 N	Glicina substituída	IV
Fungicida	Carbendazin	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Portero	Benzimidazóis	III
Inseticida	Metomil	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S	Lannate	Carbamato	I
	Spiromesifen	C <sub>23</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	Oberon	Ácido tetrônico	III
	Cipermetrina	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	Cyprtrin 250c Permasect C	Piretróide	II
	Imidacloprido	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> ClN <sub>5</sub> O <sub>2</sub>	Connect Gaucho	Neonicotinoide	III
	Metilparation	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> NO <sub>5</sub> PS	Sabidol	Organofosforado	I
Inseticida/ Acaricida	Dimetoato	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> NO <sub>3</sub> PS <sub>2</sub>	Dimethoate 40	Organofosforado	I
	Metamidofós	C <sub>2</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>2</sub> PS	Pillaron	Organofosforado	I

\*I: extremamente tóxico; II: altamente tóxico; III: medianamente tóxico; IV: pouco tóxico. Fonte: ANVISA

Dentre os 9 (nove) pesticidas estudados, percebeu-se a diversificação dos grupos químicos e a variação de classes, no qual, um deles classifica-se como

herbicida, outro como fugicida, cinco deles como inseticida e dois classificam-se tanto como inseticida como Acaricida.

Atualmente, a maioria dessas substâncias são consideradas como tóxicas e dependendo das suas propriedades físico-químicas, no meio aquático, elas podem tanto se ligar ao material particulado em suspensão, como se depositar no sedimento ou ser absorvido por organismos que o degrada ou acumula (CORDENUNZZI, 2011).

No que se refere à toxicidade, a tabela 1 apresenta que de acordo como a literatura à maioria dos pesticidas foram classificados como extremamente tóxicos (I) e medianamente (II), podendo causar diverso prejuízo para o homem e ao meio ambiente.

Por meio disso, Lima (2001) e Tomita; Beyruth (2002) explica que a exposição múltipla a mistura de agentes tóxicos é algo bastante comum e o emprego com relação a essas misturas é bastante vantajoso em relação à aplicação de um único composto. Entretanto, a toxicidade de misturas, não é resultante da soma das atividades tóxicas dos compostos. Ela pode ocorrer, inadvertidamente, porque alguns compostos persistem por longos períodos no meio ambiente.

- **Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas**

Por meio da comparação dos critérios de *screening* indicado pela EPA e do índice de GUS, foi possível analisar o potencial de contaminação das águas subterrâneas. As metodologias desses modelos baseiam-se em algumas características físico-químicas dos pesticidas, tais como: solubilidade em água, coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo, constante da lei de Henry e meia-vida (Tabela 2).

Com isso, Marques (2005) relata que de acordo com os critérios da EPA, os pesticidas que possuem uma elevada solubilidade em água, baixa adsorção à matéria orgânica no solo e um alto valor de meia-vida no solo, estes possuem uma tendência a mais de atingirem o lençol freático, potencializando o risco de contaminação. Já com relação ao método de GUS, os compostos classificados na faixa de transição e de lixiviação podem oferecer risco potencial de contaminação e os que não sofrem lixiviação ( $GUS < 1,8$ ) podem ser considerados não contaminantes em águas subterrâneas.

**Tabela 2.** Avaliação do risco de contaminação para água subterrânea usando os critérios da EPA e o índice de GUS

Classe	Princípio Ativo	Sol. em água (mg/L)	K <sub>oc</sub> (mL g <sup>-1</sup> )	KH(Pam <sup>3</sup> /mol)	DT50(dias) Solo (Dias)	DT50(dias) Água (Dias)	Resultado	GUS
Herbicida	Glifosato	A	N	A	A		PC	- 0,63IL
Fungicida	Carbendazin	N		A	A	A	PC	
Inseticida	Metomil	A	A	A	A	N	PC	3,16PL
	Spiromesifen	N	N	N	A	N	NC	-0,67IL
	Cipermetrina	N	N	N	A	A	NC	-2,12IL
	Imidacloprido	A		A	A		PC	
	Metilparation	A	A	A	N	N	PC	3,77PL
Inseticida/ Acaricida	Dimetoato	A	A	A	N	N	PC	1,12IL
	Metamidofós	A	A	A	N	N	PC	2,60TL

EPA (N= não atende ao critério; A= atende ao critério com potencial perigoso; I = inconclusivo; PC = contaminante em potencial; NC = não contaminante; em branco = dado não disponível; GUS (IL = Não sofre Lixiviação; TL = Faixa de Transição; PL= Provável Lixiviação); em branco – dado não disponível na literatura consultada; K<sub>oc</sub> – coeficiente de adsorção a matéria orgânica no solo; DT50 – meia-vida na água; KH – constante da Lei de Henri.

Desta forma, os resultados obtidos com relação ao risco de contaminação de águas subterrâneas usando o índice de GUS, mostraram que os pesticidas Metomil e Metilparation, foram classificados como provavelmente lixiviados (PL). Já o Metamidofós apresenta uma tendência à lixiviação (TL), conforme o mesmo método. Os pesticidas Glifosato, Spiromesifen, Cipermetrina, Dimetoato, apresentam baixos valores de GUS (IL). Para os pesticidas Carbendazim e Imidacloprido nada pode ser afirmado, pois na literatura consultada, não há dados de meia-vida no solo.

Com relação aos critérios da EPA, além dos compostos já citados, também apresentam risco de contaminação para águas subterrâneas (PC) os seguintes pesticidas: Glifosato, Carbendazin, Metomil, Imidacloprido, Metilparation, Dimetoato e Metamidofós. Em contra partida, Spiromesefin e Cipermetrina, não atendem aos critérios EPA.

Apesar disso, muitos desses compostos ainda podem produzir metabólitos como, por exemplo, o metabólito do metamidofós. Esses e outros metabólitos podem ser ainda mais persistentes e mais tóxicos que os princípios ativos.

- **Avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais**

A avaliação do potencial de contaminação das águas superficial utilizou-se os critérios propostos por Goss, levando em consideração alguns parâmetros, tais como: a meia-vida do princípio ativo no solo (DT50 solo), o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc) e a solubilidade em água (S), os princípios ativos, como já foi destacado, foram classificados em alto, médio e baixo potencial de transporte associado ao sedimento ou dissolvido em água.



**Tabela 3.** Propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos pesticidas usados no perímetro irrigado do Realejo/Crateús-Ce a 20-25°C.

Classe	Princípio Ativo	Sol. em água (mg/L)	Kow(cm <sup>3</sup> /g) pH 7, 20°C	Koc(mL g <sup>-1</sup> )	pK <sub>a</sub> a 25°C	K <sub>H</sub> (Pam <sup>3</sup> /mol)	PV(mPa) a 25°C	DT50(dias)		GOSS
								Solo (Dias)	Água (Dias)	
Herbicida	Glifosato	10500	6,31 10 <sup>-4</sup>	24000	2,34	2 . 10 <sup>-7</sup>	0,0131	47	Estável	- 0,49
Fungicida	carbendazin	8	3,02x10 <sup>1</sup>	–	4,2	3,60x10 <sup>-3</sup>	0,09	40	350	2,64
Inseticida	Metomil	57900	17,37	72	Nenhuma dissociação	6,5x10 <sup>-5</sup>	6,65x10 <sup>-9</sup>	30	< 2	3,16
	spiromesifen	0,13	3,55x10 <sup>4</sup>	30900	Nenhuma dissociação	2x10 <sup>-2</sup>	7x10 <sup>-3</sup>	23	44,7	-0,69
	Cipermetrina	0,009	2x10 <sup>5</sup>	156250	Nenhuma dissociação	2x10 <sup>-2</sup>	0,00023	60	179	-2,12
	Imidacloprido	610	3,72	–	Nenhuma dissociação	1,7x10 <sup>-10</sup>	4x10 <sup>-7</sup>	191	estável	3,76
	Metilparation	55	1000	3,16	Nenhuma dissociação	8,57x10 <sup>-3</sup>	0,2	12	21	1,46
Inseticida/ Acaricida	Dimetoato	39800	5,06	20,00	Nenhuma dissociação	1,42x10 <sup>-6</sup>	0,257	2,6	68	1,06
	Metamidofós	200000	1,62 x 10 <sup>-1</sup>	1	-	1,6 x 10 <sup>-6</sup>	2,3	3,5	5	2,18

KoW= coeficiente de partição octanol/água; KOC = coeficiente de adsorção à matéria orgânica; DT50 = tempo de meia-vida;KH= constante da Lei de Henry;PV = pressão de vapor; pK<sub>a</sub> = p-constante de dissociação

- **SOLUBILIDADE**

Alta solubilidade em água indica tendência do composto a ser removido do solo. Portanto, por meio das informações da tabela 3 os compostos como Glifosato, Metomil, Dimetoato e Metamidofós possuem maior probabilidade de serem carregados pela chuva ou água de irrigação e atingirem os corpos d'água.

Entretanto, elevada solubilidade não implica maior mobilidade no solo, pois o composto poderá ter uma elevada solubilidade e apresentar baixa mobilidade por conta da sua capacidade de retenção no solo (MILHOME et al, 2009).

- **$K_{ow}$  = COEFICIENTE DE PARTIÇÃO OCTANOL/ÁGUA**

Já com relação ao  $K_{ow}$ , o coeficiente que define a taxa de concentração de equilíbrio entre um sistema bifásico de octanol e água, este indica o caráter lipofílico da molécula. Além disso, esse parâmetro também presumir acumulação dos pesticidas em ambientes aquáticos e terrestres. As interações lipofílicas podem advir em ambientes com alto teor de matéria orgânica. Em contrapartida, o fenômeno da partição depende de outros mecanismos, tais como: adsorção, troca iônica, complexação e precipitação. Em geral, substâncias com  $\log K_{ow}$  maior que 3 apresentam tendência bioacumulativa (BARCELÓ; HENNION, 1997).

Nesse contexto, dentre os pesticidas analisados nesses estudos, os únicos que apresentaram a maior tendência bioacumulativa foram o spiromesifen e Cipermetrina, pois apresentaram o  $\log K_{ow} = 4,55$  e 5, respectivamente.

- **COEFICIENTE DE ADSORÇÃO A MATÉRIA ORGÂNICA ( $K_{oc}$ ) E MEIA-VIDA (DT50)**

Por conta de serem dependentes de fatores ambientais (tais como tipo de solo, clima entre outros) o  $K_{oc}$  (coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo) e o DT50 (meia-vida) são pouco mencionados na literatura. O valor de  $K_{oc}$  indica o potencial de mobilidade no solo e o valor da meia-vida revela a estabilidade do composto sob determinadas condições. Quando os pesticidas possuem um valor de  $K_{oc}$  abaixo de 50 são considerados de alta mobilidade; no intervalo de 150-500 são moderadamente móveis e, acima de 2.000, possuem baixa mobilidade no solo (BARCELÓ; HENNION, 1997)

Com relação os dados de  $K_{oc}$  apresentado na tabela 3, Glifosato, spiromesifen e Cipermetrina apresentaram elevados coeficientes de adsorção no solo, sendo, portanto,

mais facilmente retidos e dificilmente transportados pela água. Entretanto, não é possível afirmar com certeza o verdadeiro potencial contaminante dos pesticidas analisando apenas esse parâmetro isoladamente.

Dáí vem-se a necessidade de avaliação das suas propriedades em conjunto por meio da aplicação dos métodos de análise de risco.

- **ESPECIAÇÃO**

Por meio das equações 2 e 3, uma vez que alguns pesticidas apresentam caráter ácido (HA), foi possível prever a fração das espécies predominantes na solução em função do pH, onde pKa é uma constante, sendo o pH a única variável (MILHOME et al. 2009),.

$$C_{HA} = \frac{1}{1 + 10^{pH - pKa}} \quad \text{Equação 1}$$

$$C_{A^-} = \frac{1}{1 + 10^{pKa - pH}} \quad \text{Equação 2}$$

Segundo Milhome (2006), quando o pH do meio é igual ao valor de pKa da espécie, 50% das moléculas do pesticida encontram-se ionizadas. Para valores de pH > pKa, a concentração da fração aniônica do pesticida predomina na solução, enquanto para pH < pKa ocorre predominância da fração neutra.

Com isso, em pH ambiente, os pesticidas glifosato e carbendazin têm tendência a serem negativamente carregados, ao passo que as demais espécies não sofrem ionização (não aplicável).

- **CONSTANTE DA LEI DE HENRY (K<sub>H</sub>) E PRESSÃO DE VAPOR (PV)**

A constante da lei de Henry (K<sub>H</sub>) e a pressão de vapor (PV) são parâmetros que estão diretamente relacionados à volatilidade do composto. A primeira indica a distribuição da espécie entre a fase líquida e a fase gasosa, dependendo da temperatura; a segunda define a taxa de concentração de equilíbrio entre a água e o ar (MILHOME et al., 2009).

Considera-se que compostos com K<sub>H</sub> menores que 10<sup>-5</sup> Pa.m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup> apresentam baixa volatilidade. Em meio a essa observação, os pesticidas Glifosato, Imidacloprido,

Dimetoato e Metamidofós possuem volatilidade muito baixa (tabela 3), podendo permanecer mais tempo no ambiente aquático.

- **CRITÉRIO DE GOSS**

Em meio a análise de todos os parâmetros citados acima, conforme os critérios de Goss (tabela 4) o pesticida Glifosato apresenta alto potencial de transporte dissolvido em água e médio potencial de transporte associado ao sedimento (APTDA/MPTAS). Já os pesticidas Metomil, Metilparation, Dimetoato e Metamidofós apresentam baixo potencial de transporte associado ao sedimento e médio potencial de transporte dissolvido em água (BPTAS/MPTDA). Enquanto que o Carbendazim e Imidacloprido, por falta do parâmetro  $K_{oc}$  ficaram sem classificação.

**Tabela 4.** Estimativa de contaminação de águas de superfície usando o critério de GOSS.

<b>Pesticida</b>	<b>Classificação</b>
Glifosato	APTDA/MPTAS
Carbendazim	ND
Metomil	BPTAS/MPTDA
Spiromesifen	MPTAS/MPTDA
Cipermetrina	MPTAS/MPTDA
Imidacloprido	ND
Metilparation	BPTAS/MPTDA
Dimetoato	BPTAS/MPTDA
Metamidofós	BPTAS/MPTDA

APTAS:Alto potencial de transporte associado ao sedimento; BPTAS: Baixo potencial de transporte associado ao sedimento; APTDA: Alto potencial de transporte dissolvido na água; BPTDA: Baixo potencial de transporte dissolvidos na água; MPTAS: Médio potencial de transporte associado ao sedimento; MPTDA: Médio potencial de transporte dissolvido na água; ND: Não determinado.

Milhome (2009) ressalta que se algumas dessas substâncias tiverem apresentado um baixo potencial de transporte dissolvidos na água, algo que não ocorreu, estes apresentariam um alto risco de contaminação pelo transporte associado ao sedimento.

#### 4. CONCLUSÃO

Com relação à toxicidade dos pesticidas, notou-se, segunda a literatura, que maioria classifica-se como extremamente tóxica e moderadamente tóxica. Já com relação ao risco de contaminação, entre os nove pesticidas utilizados nos condomínios agrícolas, pelo menos 7 (sete) apresentam risco.

Como mostra os resultados de Goss, pode-se que concluir que os pesticidas glifosato, spiromesefin e cipermetrina necessitam de um estudo para avaliar sua ocorrência na água superficial.

Além disso, os resultados mostraram que o monitoramento dos pesticidas em águas de superfície nos condomínios agrícolas deve focar além do glifosato, também o carbendazin, metomil, imidacloprido, metilparation, dimetoato e metamidofós, pois tem potencial de contaminação de águas superficiais (PC) segundo os critérios da EPA.

É recomendada também, como atividade futura, avaliar os níveis destes compostos nestas águas, haja vista, os modelos aplicados serem de caráter qualitativo. Outra atividade sugerida seria a realização de uma formação continuada junto aos agricultores para conhecimento dos riscos e precauções que os mesmos devem tomar ao manusear estes produtos.

#### 5. REFERÊNCIA

AMARO P (2003) *A Protecção Integrada*. ISA Press. Cadaval. 1-458.

ANVISA. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Portal ANVISA, monografias autorizadas. Disponível em: < [www.portal.anvisa.gov.br](http://www.portal.anvisa.gov.br) >.

BARCELÓ, D.; HENNION, M.C. *Trace determination of pesticides and their degradation products in water, techniques and instrumentation in analytical chemistry*. New York: Elsevier, 1997. v. 19.

CALHEIROS, Débora Fernandes; OLIVEIRA, Eliana F. G. Dores, Márcia Divina. Poluição por pesticidas, nutrientes e materiais em suspensão nos Rios formadores do pantanal mato-grossense. Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, n. 096 p.1-4. 2006.

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso, Análise Preliminar. *Química Nova*, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

FENIK J, TANKIEWICZ M, BIZIUK M (2011) Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *Trends in Analytical Chemistry*. 30(6): 814-826

GILLIOM, R. J. Pesticides in U.S. streams and groundwater. *Environmental Science & Technology*, v. 41, n. 10, p. 3407-3413, May 15 2007.

LIMA, F. J. C. et al.; Inseticida organofosforado metamidofós: aspectos toxicológicos e analíticos. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, Curitiba, v.11, p. 17-34, jan/dez. 2001.

MARQUES, M.N. *Avaliação do impacto de agrotóxico 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*. 218 f. Tese (Doutorado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MILHOME, M.A.L. *Emprego de quitina e quitosana para adsorção de fenol de efluente de refinaria de petróleo*. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Saneamento), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2006.

PRIMEL, E.G. *et al.* 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, 2005.

TOMITA, R.Y; BEYRUTH. Z.; Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. *Biológico*, São Paulo, v.64, n.2, p.135-142, jul./dez., 2002.