

Ciflutrina: Legislação e Avaliação das Características Físico-químicas e Toxicológicas

Cyfluthrin: Legislation and Assessment of Physicochemical and Toxicological Characteristics

Priscila Camelo Alves

Recebido em 09 setembro, 2019 aceito em 10 de abril, 2020

Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol13ed2.460>



RESUMO

A ciflutrina (CAS 68359-37-5) é um inseticida piretróide com aplicação no meio agrícola e como preservante de madeira. Os aspectos físico-químicos apontam para o risco do consumo da ciflutrina, visto que essa apresenta baixa solubilidade ($6,6 \times 10^{-3}$ mg L⁻¹), baixa volatilidade ($K_h = 5,30 \times 10^{-2}$ Pa m³ mol⁻¹) e alta tendência à bioacumulação ($K_{ow} = 6,0$). A partir de dados da literatura, os resultados obtidos para o Critério de Potabilidade foi de 0,06 mg L⁻¹, para o critério de Proteção da Vida Aquática foi de 0,133 ng L⁻¹, apresenta risco elevado e, de acordo com GHS, a ciflutrina constitui a Categoria 1 de toxicidade aguda. Seu uso é legalizado em muitos países e sua ocorrência em meio hídrico é evidenciado através de estudos, porém a ciflutrina não é nacionalmente regulamentada para águas de consumo humano e manutenção da vida aquática, todavia sua restrição parcial deveria ser considerada e incluída nas legislações vigentes, devido à seu grande potencial tóxico aos seres aquáticos.

Palavras-chave: Agrotóxico. Inseticida. Toxicidade. Vida aquática. Saúde humana.

1 INTRODUÇÃO

A ciflutrina é um inseticida da classe piretróide análogo às piretrinas naturais que são extraídas de pó de flores (DOMINGUES, 2005). Esse inseticida é empregado em culturas de algodão, amendoim, arroz, café, feijão, fumo, milho, soja, tomate e trigo. De acordo com cada cultivo, há uma variação de 7 a 20 dias com intervalo de segurança na aplicação que é realizada na região foliar (ANVISA, 2006). Além desse uso agrícola, a ciflutrina também é utilizada como preservante de madeira, exclusivamente, em dormentes, postes, cruzetas, mourões para cercas rurais, esteios e vigas (MAPA, 2003). Uso esse registrado no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e regulamentado pela Instrução Normativa nº 5, de 20 de outubro de 1992 (BRASIL, 1992).

Dentre os produtos que utilizam a ciflutrina como ingrediente ativo tem-se o Isogran C, fabricado por Klong Industrial CO. LTDA e Hangzhou Ruijiang Chemical CO e formulado pelo Isogama Indústria Química LTDA. Este inseticida foi registrado de acordo com a Portaria Interministerial nº 292, de 28 de abril de 1989 e a Instrução Normativa nº 5, de 20 de outubro de 1992, que regulamenta a Lei nº 4.797, de 20 de outubro de 1965 e em sua composição contém 215 ± 12 g L⁻¹ de ciflutrina que corresponde a 15,9 % de pureza. O volume de vendas desse princípio não consta nos relatórios de comercialização de agrotóxicos dos anos de 2009 a 2017 do IBAMA, direito esse assegurado pela Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial (IBAMA, 2016).

Sabe-se que o crescente uso de pesticidas, principalmente na agricultura, provoca efeitos negativos na biodiversidade e na qualidade dos recursos hídricos. Assim, o estudo das propriedades físico-químicas dos princípios ativos presentes nos agrotóxicos mostram-se de grande importância pois, serão elas, juntamente com a forma de aplicação e as características do ambiente, que fornecerão dados da destinação e interação com ecossistemas (DELLAMATRICE et al, 2014).

2 OBJETIVOS

Avaliar as características físico-químicas e toxicológicas da ciflutrina estimando o seu potencial risco comparando-as a regulações vigentes, para determinação de um valor referência de proteção para vida humana e aquática.

ABSTRACT

Cyfluthrin (CAS 68359-37-5) is a pyrethroid insecticide with application in the agricultural environment and as a wood preservative. The physical-chemical aspects point to the risk of cyfluthrin consumption, since it displays low solubility ($6,6 \times 10^{-3}$ mg L⁻¹), low volatility ($K_h = 5,30 \times 10^{-2}$ Pa m³ mol⁻¹) and high tendency to bioaccumulation ($K_{ow} = 6,0$). Giving evidence for the importance of a critical review of its toxicological characteristics comparing them to the current legislation. The results obtained for the Potability Criteria were 0.06 mg L⁻¹, the Aquatic Life Protection criterion was 0,133 ng L⁻¹, it presents a high risk and, according to GHS, cyfluthrin constitutes Category 1 of acute toxicity. Its use is legalized in many countries and its occurrence in water is evidenced through studies, however, cyfluthrin is not nationally regulated for water for human consumption and maintenance of aquatic life, yet its partial restriction should be considered and included in the current legislation, due to its great toxic potential to aquatic beings.

Keywords: Agrotoxic. Insecticide. Toxicity. Aquatic life. Human health.



Objetivos Específicos

- Coletar dados toxicológicos da ciflutrina;
- Caracterizar sua ocorrência em águas superficiais nacional e internacionalmente;
- Identificar o perigo e risco da ciflutrina para o ser humano e biota aquática;
- Calcular critério de potabilidade e critério de proteção da vida aquática;
- Realizar a avaliação de risco para a vida aquática, comparando os resultados obtidos com as legislações vigentes.

3 METODOLOGIA

Foram levantados dados bibliográficos sobre o composto ciflutrina, através de pesquisas em bases de dados, livros e artigos científicos. O acesso a essas informações foi obtido através de base de dados, dentre eles: Science Direct, Scientific Electronic Library Online, SciFinder, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Toxicology Data Network (TOXNET), Pesticide Properties DataBase (PPDB), EcotoxDataBase (ECOTOX).

À essas bases de dados foram empregadas as seguintes combinações de palavras chaves (em português e inglês): ciflutrina; água; ocorrência; cyfluthrin; CAS; toxicology; occurrence; brazil; water.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico-químicas

A análise das propriedades físico-químicas da ciflutrina auxiliam para a compreensão da interação desse composto com o meio. Essas informações, juntamente com os parâmetros de identificação da ciflutrina, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação e características físico-químicas da ciflutrina.

Característica	Dados	Referência
Nome IUPAC	(RS)-α-cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl (1RS,3RS;1RS,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-	ANVISA, 2006

	2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	
Registro CAS	68359-37-5	ANVISA, 2006
Tipo de substância	Inseticida	ANVISA, 2006
Grupo da substância	Piretróide	ANVISA, 2006
Origem da substância	Sintética	Lewis, 2016
Fórmula química	C ₂₂ H ₁₈ Cl ₂ FNO ₃	Lewis, 2016
Fórmula estrutural		TOXNET, 2008
Coloração	Marrom amarelado	TOXNET, 2008
Tempo de 1/2 vida na superfície de solos	2 - 16	Hanson, 2018
Tempo de 1/2 vida em água com presença de luz	≈ 12	Hanson, 2018
Massa molar (g mol ⁻¹)	434,29	Lewis, 2016
Densidade (g cm ⁻³ a 22°C)	1,34	TOXNET, 2008
Solubilidade em água	6,60 × 10 ⁻²	Lewis, 2016



(mg L ⁻¹)		
Coeficiente de partição		
Octanol-Carbono (K _{oc})	123930	Lewis, 2016
Constante de Henry (K _h) a 25°C (Pa m ³ mol ⁻¹)	5,30×10 ⁻²	Lewis, 2016
Pressão de vapor a 20°C (mPa)	3,00 ×10 ⁻⁴	Lewis, 2016
Coeficiente de partição Octanol-Água (log K _{ow})	6,00	Lewis, 2016
pH 7, 20°C		

A partir da determinação da solubilidade de uma substância química é possível estabelecer suas possíveis vias de degradação (LINDE, 1994). Compostos com valores abaixo de 50 mg L⁻¹ são interpretados como pouco solúveis (LEWIS, 2016). A ciflutrina se enquadra nessa categoria, visto que sua solubilidade é de 6,6×10⁻³ mg L⁻¹.

O coeficiente de partição octanol-carbono (K_{oc}) indica a adsorção/mobilidade do contaminante químico no solo (MILHOME *et al*, 2009). Para altos valores de K_{oc} (> 4 000) tem-se que o composto possui baixa mobilidade, assim como predito para ciflutrina (K_{oc}= 123930) (Tabela 1). Ainda que os valores de solubilidade e K_{oc} indiquem a tendência desse piretróide de não atingir o compartimento aquático, nada impede que pulverização em culturas e acidentes resultem na sua introdução desse no meio hídrico (MOORE *et al*, 2009).

A constante de Henry (K_h) é estabelecida para caracterizar a disposição de uma substância química entre as fases líquida e gasosa. E a pressão que uma substância gasosa exerce sobre uma superfície qualquer é denominado de pressão de vapor (MILHOME *et al*, 2009). Relacionando essas duas propriedades é expressa a tendência da ciflutrina em concentrar-se em fase líquida, dado seu K_h (< 0,1 Pa m³ mol⁻¹). Desse

modo, apresenta baixa volatilidade a partir da água, o que é reforçado pelo seu baixo valor de pressão de vapor. Mediante esse dado é expressa a diminuta propensão da ciflutrina de se dispersar do local em que é depositada, sendo essa inferior a 5 mPa, conforme padrão estabelecido por Lewis (2016).

Tais propriedades são confirmadas a partir de estudos como o realizado por Moore *et al* (2009) sobre a mitigação de ciflutrina e outro piretróide por meio de wetland. Foi simulada a entrada de ciflutrina e outro piretróide em um sistema de wetland (180 m x 80 m) via escoamento de sedimento agrícola. Isso foi realizado a fim de atestar o destino desses contaminantes na wetland determinando, assim, sua efetividade para minimizar o volume que atingirá mananciais hídricos em áreas agrícolas. Para a análise foram coletadas amostras das plantas, água e sedimento do sistema no decorrer de 55 dias. Cerca de 76% das porções encontradas dos contaminantes estavam associadas a vegetação. Demonstrando que esses piretróides permaneceram no meio até adsorverem-se à matéria orgânica não se volatilizando. (MOORE *et al*, 2009).

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}). Esse determina a tendência de concentração do analito em elementos com distintas polaridades (LINDE, 1994). Sua interpretação está agregada ao caráter bioacumulador (log K_{ow} > 3,00) do elemento (afinidade à elementos orgânicos - não polares). A predição para a ciflutrina é de 6,00 (LEWIS, 2016). Sugerindo, assim, alta tendência de acumulação nos organismos presentes no ambiente aquático (lipofilicidade) ou deposição no sedimento/solo. Alonso *et al* (2012) constatou a concentração de ciflutrina em golfinhos do litoral dos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. Observou-se alto nível de ciflutrina nos golfinhos filhotes, com concentrações de 3,45 ng g⁻¹ e 1,10 ng g⁻¹ (no Rio Grande do Sul e em São Paulo, respectivamente), em comparação com golfinhos em fase adulta, com concentrações de 0,40 ng g⁻¹ e 0,58 ng g⁻¹ (no Rio Grande do Sul e São Paulo respectivamente). Concluiu-se que a diferença entre as concentrações é devido à transferência do piretróide da mãe para filho no período de gestação e lactação.

Levantamento de ocorrência da ciflutrina em águas brasileiras e de outros países

Em investigações realizadas em águas superficiais de uma sub-bacia de cabeceira, próxima a plantações de café, em Dom Corrêa - MG, foram encontrados vestígios de ciflutrina na



água após a sessão chuvosa. As análises foram realizadas através de cromatografia gasosa (GC) que apresentou um limite de detecção (LD) de 20 ng L⁻¹ e limite de quantificação (LQ) de 40 ng L⁻¹. O estudo foi realizado com o intuito de constatar a presença de pesticidas na água de abastecimento público, sendo a ciflutrina detectada em 28 amostras das 40 analisadas, motivo ao qual não foram fornecidos dados de concentrações a esse composto (SOARES, 2013).

Estudos foram realizados para determinação de agrotóxicos urbanos no rio Ceará, localizado na região metropolitana de Fortaleza - CE. Esse rio é caracterizado tanto pela urbanização quanto por sua importância para o desenvolvimento do turismo, pesca e lazer local. O método empregado foi a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC - MS), foi identificada a presença de ciflutrina com concentração mínima de 15,60 ng L⁻¹ e máxima de 178,35 ng L⁻¹ na água, o LD variou de 0,40 a 19,08×10³ ng L⁻¹ e o LQ de 1,30 a 57,81×10³ ng L⁻¹ (DUAVÍ, 2015).

As análises de ocorrências de ciflutrina nas águas superficiais e lençóis freáticos foram realizadas numa região agrícola da Bacia de Ankobra dominada por culturas de cacau, em Gana. Essas indicaram, através do método cromatográfico a gás Varian acoplada à espectrometria de massas (GC - MS), que a ciflutrina foi detectada nos lençóis freáticos e obteve uma concentração média de 14 ± 5 ng L⁻¹ e na água superficial uma concentração média de 13 ± 5 ng L⁻¹, o LD para os resíduos da classe piretróides sintéticos ficaram numa faixa de 10 e 50 ng L⁻¹, apesar do baixo índice, o estudo indica que a concentração traço desse composto pode atingir o lençol freático, assim sendo, seus possíveis efeitos deletérios não podem ser negligenciados em águas subterrâneas as quais são empregadas para o abastecimento público (AFFUM *et al*, 2018).

Tabela 2: Dados de ocorrência da ciflutrina em águas.

Local	Método Analítico	LD (ng L ⁻¹)	LQ (ng L ⁻¹)	Concentração (ng L ⁻¹)	Referência
Minas Gerais	GC	20	40	40	Soares, (2013)
Ceará	GC - MS	0,4 -	1,30 -	15,60 - 178,35	Duaví, (2015)

		19	57,81×10 ³		
		×1			
		0 ³			
Gana	GC - MS	10 - 50	-	13	Affum <i>et al</i> , (2018)

Identificação e quantificação da toxicidade para a biota aquática e para o ser humano

Identificação e quantificação da toxicidade para a biota aquática

Sáenz *et al* (2012) realizou um estudo com objetivo de determinar efeitos da ciflutrina no crescimento das algas com quatro espécies: *Scenedesmus quadricauda*; *Stenocranus acutus*; *Chlorella vulgaris* e *Pseudokirchneriella subcapitata*. Essas foram expostas a concentrações de: 0,03; 0,37; 1,20 e 12,30 mg L⁻¹ e após 96 horas observou-se que a espécie *P. subcapitata* é a mais sensível ao teste de toxicidade crônica (Tabela 3).

Com a exposição de 12 gerações de *Daphnia magna* em concentrações de 5; 1; 0,25; 0,10 e 0,01 µg L⁻¹ de ciflutrina, durante 48 horas, obteve-se concentração letal média (CL₅₀) de 0,62 µg L⁻¹ e valores de Concentração de Efeito Não Observado (CENO) de 0,01 µg L⁻¹ (BRAUSCH *et al*, 2009).

Os invertebrados *Cryptophagus dilutus* (segundo estágio larval, 10-12 dias de vida) e *Hyalella azteca* (7-10 dias de vida) foram utilizados para o teste toxicidade com 7 concentrações de ciflutrina (> 99% de pureza), sendo de 2,47; 3,59; 9,05; 11,93; 25,15; 63,55; 123,51 ng L⁻¹ para o primeiro e, 0,20; 0,38; 0,74; 1,41; 2,71; 5,21; 10,00 ng L⁻¹ para o segundo. Após 10 dias de exposição, foram obtidos os valores de CL₅₀ de 17,36 ng L⁻¹ e CENO de 9,50 ng L⁻¹ para *C. dilutus* e CL₅₀ de 2,89 ng L⁻¹ e CENO de 1,33 ng L⁻¹ para *H. azteca* (HASENBEIN *et al*, 2015).

Os dados obtidos para a espécie de peixes *Oncorhynchus mykiss* foram selecionados na base de dados PPDB, sendo consistentes com os limites regulatórios usados no Reino Unido e na UE. Em relação ao dado obtido por Sepici-Dincel A. *et al* (2009) foi utilizada a concentração de 10 µg L⁻¹ durante 48 horas, tendo como resultado óbito de 50 % da população da espécie *Cyprinus carpio L.*

Tabela 3: Dados de toxicidade para a biota aquática.

Nível Trófico	Espécie	Tempo de exposição	CL ₅₀	CENO	Referência
---------------	---------	--------------------	------------------	------	------------



o					
Algas	<i>S. quadricauda</i>	96 horas	4,85 mg L ⁻¹	1,60 mg L ⁻¹	Sáenz <i>et al.</i> , (2012)
	<i>S. acutus</i>	96 horas	1,25 mg L ⁻¹	0,03 mg L ⁻¹	Sáenz <i>et al.</i> , (2012)
	<i>C. vulgaris</i>	96 horas	2,06 mg L ⁻¹	0,03 mg L ⁻¹	Sáenz <i>et al.</i> , (2012)
	<i>P. subcapitata</i>	96 horas	0,92 mg L ⁻¹	0,03 mg L ⁻¹	Sáenz <i>et al.</i> , (2012)
Invertebrados	<i>D. magna</i>	48 horas	0,62 µg L ⁻¹	0,01 µg L ⁻¹	Brausch <i>et al.</i> , (2009)
	<i>C. dilutus</i>	10 dias	17,36 ng L ⁻¹	9,50 ng L ⁻¹	Hasenbein <i>et al.</i> , (2015)
	<i>H. azteca</i>	10 dias	2,89 ng L ⁻¹	1,33 ng L ⁻¹	Hasenbein <i>et al.</i> , (2015)
Peixes	<i>O. mykiss</i>	96 horas	4,70 × 10 ⁻⁴ mg L ⁻¹	-	Lewis (2016)
	<i>O. mykiss</i>	21 dias	-	1,00 × 10 ⁻⁵ mg L ⁻¹	Lewis (2016)
	<i>C. carpio L.</i>	48 horas	22,00 µg L ⁻¹	-	Sepici-Dincel A. <i>et al.</i> ; (2009).

A característica da toxicidade para a biota aquática é realizada, em gramas, em

organismos de três níveis tróficos diferentes, por meio de testes toxicológicos dos quais são derivados as concentrações de efeito seja eles letais ou subletais.

Identificação e quantificação da toxicidade para o ser humano

Rodríguez *et al.* (2016) realizou um estudo com o objetivo de analisar a exposição à ciflutrina em ratos. Para isso, foram utilizados 25 ratos adultos com peso entre 200-210 g os quais foram separados em 5 grupos (1 de controle e 4 tratamentos com ciflutrina). Cada grupo com a ciflutrina recebeu uma dosagem oral de 1, 5, 10 e 20 mg kg⁻¹. Após esse período, foram analisadas cinco regiões do cérebro desses animais. Os resultados obtidos mostram que houve uma dose dependência nos grupos com ciflutrina a partir de 5 mg kg⁻¹ (CENO). O grupo que recebeu a maior dosagem oral de ciflutrina, comparado com os outros grupos, obteve aumento expressivo dos danos nas 5 regiões cerebrais analisadas.

Avaliação do perigo de acordo com o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos

O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS, sigla em inglês) é adotado mundialmente para padronizar a classificação de substâncias e compostos de acordo com os perigos físicos, para a saúde e meio ambiente. A partir desse sistema, foi elaborada a norma ABNT NBR 14725:2009 (Produtos Químicos: Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente).

Para avaliar o perigo agudo da ciflutrina no meio aquático foram utilizados os critérios descritos na norma ABNT supracitada (Tabela 25 - "Categorias de substâncias perigosas para o meio aquático"). Tendo em vista o menor valor de CL₅₀ (Tabela 3), ao fazer a comparação com a norma pode-se classificar a ciflutrina equivale à Categoria 1 para toxicidade aguda pois $0,62 \times 10^{-3} = c < 1 \text{ mg L}^{-1}$. Ainda, de acordo com a Tabela D.30 do Anexo D da ABNT NBR 14725-3:2017, o rótulo da ciflutrina deverá conter as especificações para categoria 1, sendo uma delas, a frase de perigo "Muito tóxico para os organismos aquáticos".

Cálculo do Critério de Potabilidade e Critério para a Proteção da Vida Aquática

Cálculo do Critério de Potabilidade

O aumento de substâncias contaminantes em águas superficiais tem sido preocupante nos últimos anos devido ao risco que essas podem causar à saúde humana (SANCHES, 2003). Os critérios de potabilidade visam à proteção e segurança da saúde humana de qualquer efeito



adverso que essas substâncias possam causar. Esses valores podem ser calculados para três grupos de substâncias: Substâncias Reguladas (encontradas no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017), Substâncias não reguladas e Substâncias ainda não avaliadas ou parcialmente avaliadas (UMBUZEIRO *et al*, 2011).

Os valores de concentrações máximas de uma substância que pode ser ingerida sem causar efeitos adversos são estabelecidos por agências reguladoras, tais como Anvisa e OMS, denominadas de Ingestão Diária Aceitável (IDA) ou uma Dose de Referência Oral (DRf) (UMBUZEIRO *et al*, 2011). Esse valor pode ser obtido através do valor do CENO e do Fator de Incerteza (FI). Em geral, o FI é 100, e com isso, conforme descrito pela World Health Organization (WHO, 2016), tem-se a formulação para a Ingestão Diária Aceitável (Equação 1).

$$IDA = \frac{CENO}{FI}$$

Equação 1: Equação da Ingestão Diária Aceitável

De acordo com a Anvisa (2006), a IDA da ciflutrina é de 0,02 mg kg⁻¹ e o Critério de Potabilidade (CP) é calculado a partir da Equação 2:

$$CP = \frac{IDA \times P \times FA}{C}$$

Equação 2: Critério de Potabilidade

Em que "P" é peso corpóreo (kg); "FA" fração da IDA/DRf alocada para água e "C" consumo diário de água potável (L/dia).

A OMS (WHO, sigla em inglês) padroniza, para uma população adulta, o peso corpóreo médio (P) em 60 kg, o consumo diário de água (C) em 2 L e a fração alocada (FA) para água é escolhida em função do lugar que mais se encontra a substância. Sabendo que a ciflutrina tem baixa solubilidade em água, considera-se que há pouca concentração no meio hídrico, e, por isso utiliza-se o valor de FA = 10% = 0,10. Tomando esses valores tem-se que o CP para ciflutrina é de 0,06 mg L⁻¹, conforme Equação 3.

$$CP = \frac{0,02 \text{ mg kg}^{-1} \times 60 \text{ kg} \times 10\%}{2 \text{ L}} = 0,06 \text{ mg L}^{-1}$$

Equação 3: Critério de Potabilidade derivado do presente estudo

Todavia, segundo Lewis (2016), tem-se que o valor da IDA para a ciflutrina é de 0,003 mg kg⁻¹ obtendo-se, assim, um CP de 0,009 mg L⁻¹ sendo consideravelmente menor que o valor obtido com

a IDA de 0,02 mg kg⁻¹ dada pela Anvisa (2006). Isso se dá, possivelmente, devido os estudos de Lewis serem mais restritivos e rigorosos que os estudos feitos pela Anvisa.

Cálculo do Critério para a Proteção da Vida Aquática

O aumento de contaminantes nas águas, além dos possíveis riscos oferecidos à saúde humana, é preocupante, também, o possível risco à vida aquática. Para se precaver de quaisquer incidentes se faz necessário estabelecer critérios para a qualidade da água que futuramente podem integrar padrões legais. Esses critérios são definidos a partir de análises ecotoxicológicas realizadas e visam a proteção das diferentes formas da vida aquática dos efeitos contrários trazidos pelas substâncias contaminantes. Essas análises são criteriosamente realizadas em laboratórios correlacionando assim, efeitos toxicológicos e propriedades físico-químicas de compostos (UMBUZEIRO *et al*, 2011).

De acordo com os dados obtidos, o menor valor de CENO encontrado foi o da *H. azteca* com concentração de 1,33 ng L⁻¹ de ciflutrina (vide Tabela 3). Com base no Protocolo para derivação de Critério de Proteção de Vida Aquática (CPVA) (UMBUZEIRO *et al*, 2011) tem-se que, para calcular um critério utiliza-se o menor valor de CENO e divide-o por um Fator de Avaliação (FA) correspondente à situação dos dados obtidos. Nesse caso o FA considerado foi 10 porque há os dados de CENO para três níveis tróficos (sendo quatro espécies de algas, três espécies de invertebrados e três espécies de peixes), como é estabelecido pelo Protocolo. Logo, o CPVA é de 0,133 ng L⁻¹ de ciflutrina, ou seja, concentrações acima desse valor resulta em morte ou efeitos adversos à vida aquática.

Regulamentação

No Brasil, a ciflutrina não consta na lista de agrotóxicos que podem apresentar risco à saúde do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017). A substância também não é listada nos parâmetros de ocorrência em águas subterrâneas da CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 (BRASIL, 2008), tampouco na CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, responsável por definir padrões de acordo com cada classe das águas superficiais e das condições de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Na União Europeia, tanto para águas subterrâneas (EC, 2006), quanto para água de consumo humano (EC, 1998) é permitido até 0,1 µg L⁻¹ de pesticida, sendo esse valor referente a qualquer agrotóxico.



Avaliação de Risco

Foi determinado, a partir da razão entre a média dos maiores valores de concentração ambiental (CA) - apresentados na Tabela 2 - e o CPVA encontrado anteriormente, o Quociente de Risco (QR) para a vida aquática de acordo com a Equação 4.

$$QR = \frac{CA}{CPVA} = \frac{77,176}{0,133} = 580,271$$

Equação 4: Quociente de Risco para vida aquática

Uma vez que $QR > 1$ apresenta potencial risco de dano à vida aquática (USEPA, 1989).

5 CONCLUSÕES

Têm-se, desse modo que as ocorrências de ciflutrina encontradas estão em concentrações prejudiciais à vida aquática, pois ultrapassam o critério calculado. Para o ser humano, essas mesmas concentrações não são preocupantes uma vez que o CP está superior. Em suma, a ciflutrina é um composto com alto potencial para bioacumulação e baixa mobilidade no solo. Entretanto, apesar da escassez de estudos a contaminação do compartimento água tem sido reportado no Brasil e no mundo. O CP apresenta baixo risco a saúde humana e o CPVA sugere a necessidade da inclusão desse composto nas regulamentações atuais, conforme o GHS reafirma.

Isso foi evidenciado pela limitação de dados de ocorrência no meio hídrico disponíveis na literatura, sobretudo nacionalmente. Com os poucos dados obtidos calculou-se o CP (60 000 ng L⁻¹) e CPVA (0,133 ng L⁻¹). Desse modo, segundo ABNT NBR 14725-2:2009, a ciflutrina apresenta perigo, visto que compreende a Categoria 1 para toxicidade aguda. O QR para a vida aquática se apresenta superior a 1 apontando seu potencial risco.

Em relação à análise das legislações, constatou-se que há divergência entre a legislação nacional e a internacional. Uma vez que não há uma padronização acerca da ocorrência de ciflutrina nas águas brasileiras, presume-se que seu uso é irrestrito, enquanto no exterior, o limite é de 0,1 µg L⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFFUM, A. O. et al. **Distribution and risk assessment of banned and other current-**

use pesticides in surface and groundwaters consumed in an agricultural catchment dominated by cocoa crops in the Ankobra Basin, Ghana. *Science of The Total Environment*, v. 633, p. 630-640, 2018. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718308854>>. Acesso em 05 de set. de 2018.

2. ALONSO, M. B. et al. **Pyrethroids: A new threat to marine mammals?** *Environment International*, v. 47, p. 99-106, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412012001377>>. Acesso em 03 de set. de 2018.
3. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consulta Pública**, 2006. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/11215/117782/c30.pdf/a673d6c2-13d1-4182-8467-673cdf00a200>>. Acesso em 22 de ago. de 2018.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-2: Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 2: Sistema de classificação de perigo.** Rio de Janeiro, p. 62. 2009. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/abiquim/norma.aspx?ID=62390#>>. Acesso em 11 de out. de 2018.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-3: Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 3: Rotulagem.** Rio de Janeiro, p. 33. 2017. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=374798#>>. Acesso em 11 de out. de 2018.
6. BENLI, A. C. K. **Investigation of acute toxicity of cyfluthrin on tilapia fry (Oreochromis niloticus L. 1758).** *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 20, n. 2, p. 279-282, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668905000189>>. Acesso em 05 de set. de 2018.
7. BRASIL. Instrução Normativa Nº 5, de 20 de outubro de 1992. **Disciplinar os procedimentos a serem observados quando do cumprimento do estabelecido na Portaria Interministerial nº 292, de 28 de abril de 1989 3.** Disponível em: <<http://www.mohr.com.br/coimor/in5.pdf>>. Acesso em 16 de out. de 2018.



8. BRAUSCH, J. M.; SMITH, P. N. **Ecotoxicology**. v. 18, p. 600, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-009-0318-1#citeas>>. Acesso em 10 de out. de 2018.
9. BRILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. A. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental [online]**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ. p. 155, 1999. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411.pdf>>. Acesso em 26 set. 2018.
10. DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. T. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.12, p. 1296–1301, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n12/a14v18n12.pdf>>. Acesso em 04 de set. de 2018.
11. DOMINGUES, V. M. F. **Utilização de um produto natural (cortiça) como adsorvente de pesticidas piretróides em águas**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Química, 2005. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12811/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em 05 de set. de 2018.
12. DUAÍ, W. C. **“Agrotóxicos Urbanos”: ocorrência, partição ambiental e ecotoxicologia - Rio Ceará, Fortaleza-ceará, Brazil**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17886>. Acesso em 19 de set. de 2018.
13. EC. **Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/118/oj>>. Acesso em 21 de out. de 2018.
14. EC. **Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1998/83/2015-10-27>>. Acesso em 21 de out. de 2018.
15. HANSON, W. et al. **Cyfluthrin General Fact Sheet**. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services, 2018. Disponível em: <<http://npic.orst.edu/factsheets/cyfluthringen.html>>. Acesso em 09 de out. de 2018.
16. HASENBEIN, S. et al. **A comparison of the sublethal and lethal toxicity of four pesticides in *Hyalella azteca* and *Chironomus dilutus***. Environmental Science and Pollution Research, v. 22, p. 11327-11339, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-4374-1>>. Acesso em 11 de out. de 2018.
17. HUIZHEN LI, et al. **Global occurrence of pyrethroid insecticides in sediment and the associated toxicological effects on benthic invertebrates: An overview**. Journal of Hazardous Materials. v. 324, Part B, p. 258-271, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.10.056>>. Acesso em 25 de set. de 2018.
18. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Certificado de Registro**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/preservativos_de_madeira/2017-registrados/isogran-c.pdf>. Acesso em 22 ago. 2018.
19. LEWIS, K.A. et al. **An international database for pesticide risk assessments and management**. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, v. 22, n. 4, p. 1050-1064, 2016. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/192.htm#none>>. Acesso em 22 ago. 2018.
20. LINDE, C. D. **Physico-Chemical Properties and Environmental Fate of Pesticides, Environmental Hazards Assessment Program**. California, USA, 1994. Disponível em: <<https://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/ehapreps/eh9403.pdf>>. Acesso em 29 de ago. de 2018.
21. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Agrofit. **Consulta de Ingrediente Ativo**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 22 ago. 2018.
22. MILHOME, M. A. L. et al. **Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 363-372, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 ago. 2018.



23. MOORE, M.T. et al. **Mitigation of two pyrethroid insecticides in a Mississippi Delta constructed wetland.** *Environmental Pollution*, v. 157, n. 1, p. 250-256, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749108003771>>. Acesso em 13 de set. 2018.
24. PAULUHN, J.; MACHEMER, L. H. **Assessment of pyrethroid-induced paraesthesias: comparison of animal model and human data.** *Toxicology Letters* v. 96, n. 97, p. 361-368, 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427498000940?via%3Dihub>>. Acesso em 26 de set. 2018.
25. RODRÍGUEZ, J. L. et al. **Effects of exposure to pyrethroid cyfluthrin on serotonin and dopanine levels in brain regions of male rats.** *Environmental Research*, v. 146, p. 388-394, 2016.
26. SOARES, A. F. S.; et al. **Occurrence of pesticides from coffee crops in surface water.** *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 8, n. 1, p. 62-72, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1053>>. Acesso em 10 de out. 2018.
27. SÁENZ, M. E.; DI MARZIO, W. D.; ALBERTI, J. L. **Assessment of Cyfluthrin commercial formulation on growth, photosynthesis and catalase activity of green algae.** *Pesticide biochemistry and physiology*, v. 104, n. 1, p. 50-57, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357512001071>>. Acesso em ago. 2018.
28. SANCHES, S. M. et al. **Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água.** *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, v. 13, p. 53-58, 2003.
29. SEPICI-DINCEL, A. et al. **Sublethal cyfluthrin toxicity to carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings: Biochemical, hematological, histopathological alterations.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 79, p. 1433-1439, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651309000256?via%3Dihub>>. Acesso em ago. 2018.
30. TOXNET – **Toxicology Data Network. U.S. National Library of Medicine.** Estados Unidos da América, 2008. Disponível em: <<https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2>>. Acesso em 22 ago. 2018.
31. UMBUZEIRO, G. A et al. **Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade de Água para o consumo humano no Brasil.** **Critérios de Qualidade da Água (CQA).** Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental, 2011.
32. UMBUZEIRO, G. A. et al. **Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática no Brasil - Critérios de Qualidade da Água (CQA).** Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental - SBMCTA, 2011.
33. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) **Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A).** Washington, 1989. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf> Acesso em 23 de out de 2018.
34. WHO - Water Health Organization. **Chemical aspects.** Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol1c.pdf>. Acesso em 26 de set de 2018.