

Estimativa da Exposição Ambiental de Águas Superficiais a Agrotóxicos Usados na Cultura de Arroz Irrigado no Brasil



ISSN 1679-043X
Novembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 139

Estimativa da Exposição Ambiental de Águas Superficiais a Agrotóxicos Usados na Cultura de Arroz Irrigado no Brasil

*Rômulo Penna Scorza Júnior
Maria Laura Turino Mattos
José Francisco da Silva Martins*

Embrapa Agropecuária Oeste
*Dourados, MS
2017*

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6

Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

www.embrapa.br/

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Alexandre Dinnys Roese, Clarice Zanoni Fontes, Éder Comunello, Luís Antonio Kioshi Aoki Inoue, Marciana Retore, Marcio Akira Ito e Oscar Fontão de Lima Filho*

Supervisora editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisora de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Foto da capa: *Rômulo Penna Scorza Júnior*

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agropecuária Oeste

Scorza Júnior, Rômulo Penna

Estimativa da exposição ambiental de águas superficiais a agrotóxicos usados na cultura de arroz irrigado no Brasil / Rômulo Penna Scorza Júnior, Maria Laura Turino Mattos, José Francisco da Silva Martins. — Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.

21 p. ; 16 cm X 21 cm. (Documentos / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 0679-043x ; 139).

1. *Oryza sativa*. 2. Irrigação por inundação. 3. Defensivo. 4. Resíduo químico. I. Mattos, Maria Laura Turino. II. Martins, José Francisco da Silva. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

Autores

Rômulo Penna Scorza Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

Maria Laura Turino Mattos

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

José Francisco da Silva Martins

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Apresentação

A agricultura moderna se desenvolve considerando o necessário balanço entre a intensificação da produção e a sustentabilidade, principalmente na dimensão ambiental. Assim, o uso de agrotóxicos na agricultura deve considerar possíveis impactos ambientais negativos e traçar estratégias para minimizá-los. Em particular na produção intensiva da cultura de arroz irrigado por inundação, grande parte das áreas produtoras são conectadas a corpos hídricos superficiais, que podem receber água da cultura com a presença de resíduos dos agrotóxicos.

Para a avaliação de riscos ambientais associados à utilização dos agrotóxicos, utiliza-se o procedimento denominado de Avaliação do Risco Ambiental (ARA) de agrotóxicos, onde a avaliação da exposição requer a estimativa de concentrações ambientais calculadas com base em modelos matemáticos. No Brasil, as autoridades regulatórias utilizam o modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, para gerar estimativas de concentrações ambientais na água da cultura de arroz irrigado.

A presente publicação apresenta resultados da comparação entre as estimativas das concentrações ambientais de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado por inundação, obtidas pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”, com dados de concentrações obtidas em monitoramento de

campo, como forma de avaliar o modelo na tomada de decisão, considerando cenários brasileiros da cultura de arroz irrigado.

Entendendo que os resultados apresentados criam a oportunidade de uso do modelo matemático para celeridade e confiabilidade na avaliação de riscos de contaminação ambiental por agrotóxicos, a Embrapa Agropecuária Oeste e seus parceiros esperam, com essa iniciativa, contribuir para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade.

Guilherme Lafourcade Asmus
Chefe-Geral

Sumário

Estimativa da Exposição Ambiental de Águas Superficiais a Agrotóxicos Usados na Cultura de Arroz Irrigado no Brasil	9
Referências.....	19

Estimativa da Exposição Ambiental de Águas Superficiais a Agrotóxicos Usados na Cultura de Arroz Irrigado no Brasil

Rômulo Penna Scorza Júnior

Maria Laura Turino Mattos

José Francisco da Silva Martins

A cultura de arroz irrigado no Brasil é responsável por 75% da produção total de arroz no País, que atingiu, na safra 2016/2017, o montante de 11,3 milhões de toneladas. A orizicultura irrigada por inundação concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que são responsáveis por, aproximadamente, 80% da produção nacional de arroz e, portanto, são os grandes responsáveis pelo suprimento de arroz à população brasileira (ARROZ..., 2016). Para garantir patamares elevados de produtividade, o uso de agrotóxicos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas é uma prática frequente, tendo representado, em 2014, um consumo de 13.097 toneladas de agrotóxicos para essa cultura no Brasil (PORTAL..., 2014).

O uso de agrotóxicos na cultura de arroz irrigado por inundação requer um manejo cuidadoso para evitar, por exemplo, a saída de água da lavoura com resíduos desses produtos. Grande parte das áreas produtoras são próximas ou estão conectadas a corpos hídricos superficiais e, diante da possibilidade de resíduos de agrotóxicos na água, podem ocorrer impactos negativos aos organismos aquáticos, além da perda da qualidade das fontes de águas naturais.

Diante dos riscos ambientais associados ao uso de agrotóxicos na agricultura, exige-se, em alguns países e durante seu processo de

autorização, o procedimento denominado de Avaliação do Risco Ambiental (ARA). A ARA de agrotóxicos tem por finalidade analisar a probabilidade de um efeito ecológico adverso ocorrer, decorrente da exposição do meio ambiente e seus compartimentos ambientais (água, solo e ar) ao agrotóxico, ou seja, se o seu uso nas condições preconizadas é seguro. No Brasil, a ARA de agrotóxicos é prevista pela Lei nº 7802, regulamentada pelo Decreto nº 4074/2002, sendo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama) a autoridade competente (REBELO; CALDAS, 2014). O Ibama adota a estrutura conceitual da ARA de agrotóxicos da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Uma das etapas da ARA de agrotóxicos, denominada de “análise de risco”, tem por objetivo avaliar e caracterizar a exposição de um compartimento ambiental ao agrotóxico e o efeito dessa exposição a organismos não-alvo. Portanto, durante essa etapa é feita uma análise utilizando-se da combinação de exposição e efeito. Para caracterização da exposição são utilizadas estimativas de concentrações ambientais calculadas com base em modelos matemáticos. No caso específico do compartimento ambiental água, esses modelos matemáticos têm por objetivo estimar as concentrações dos agrotóxicos que poderão estar presentes na água superficial, após seu uso e transporte.

Um dos modelos matemáticos utilizados para avaliar a exposição de águas superficiais a agrotóxicos, na cultura de arroz irrigado, é o “Tier 1 Rice Model v1.0” (ESTADOS UNIDOS, 2007). Esse modelo foi criado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e tem sido utilizado, também, pelas autoridades brasileiras para avaliar a exposição de águas superficiais a agrotóxicos na cultura de arroz irrigado em cenários do Brasil, com objetivo de gerar estimativas de concentrações ambientais. Importante salientar que esse modelo é usado na Fase 1 da ARA de agrotóxicos, ou seja, tem por objetivo gerar estimativas de concentrações ambientais conservadoras. A Fase 1 tem por característica avaliar a exposição considerando um cenário de exposição de “pior caso”, o que resulta na geração de estimativas de concentrações ambientais conservadoras ou superestimadas. Assim, se a conclusão da

ARA de agrotóxicos na Fase 1 for de uso seguro, não há necessidade de avançar para fases posteriores com objetivo de refinar a avaliação e torná-la mais complexa. No entanto, para avaliar se essas tomadas de decisão sobre “uso seguro” têm sido coerentes, há necessidade de avaliar se as estimativas das concentrações ambientais, obtidas pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”, são conservadoras para cenários brasileiros da cultura de arroz irrigado. Para tal, há necessidade de comparar estimativas das concentrações ambientais de alguns agrotóxicos utilizados na cultura de arroz irrigado, geradas pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”, com dados de concentrações obtidas em monitoramento de campo.

O modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” assume as seguintes pressuposições: 1) após aplicação do agrotóxico na cultura de arroz irrigado ocorrerá equilíbrio instantâneo das concentrações na fase líquida e sedimento (fase sólida); 2) não ocorre degradação do agrotóxico; 3) não ocorre a transferência de massa da fase líquida para o sedimento. Ao assumir essas pressuposições, tem-se uma simplificação do modelo, além de garantir o conservadorismo ao não se considerar a degradação de agrotóxicos. A base conceitual para construção do modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” é dada por:

$$C_{\text{água}} = \frac{m_{\text{apli}}}{V_{\text{água}} + m_{\text{sed}} \cdot K_d} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

$C_{\text{água}}$ = concentração do agrotóxico na água [$M L^{-3}$];⁽¹⁾

m_{apli} = massa do ingrediente ativo aplicado [M];

$V_{\text{água}}$ = volume de água (lâmina de água + água nos poros) [L^3];

m_{sed} = massa do sedimento em equilíbrio com a água [M]; e

K_d = coeficiente de partição do agrotóxico entre a água e o sedimento [$L^3 M^{-1}$].

⁽¹⁾ Os seguintes símbolos são usados para denotar grandezas: M = massa e L = comprimento.

O valor de K_d pode ser estimado por:

$$K_d = f_{oc} \cdot K_{oc} \dots\dots\dots(2)$$

onde:

f_{oc} = fração do carbono orgânico no sedimento [-] e

K_{oc} = coeficiente de partição do agrotóxico entre a água e o carbono orgânico do sedimento [$L^3 M^{-1}$].

Os cálculos de m_{sed} e $V_{água}$ são dados por:

$$m_{sed} = d_{sed} \cdot A \cdot \rho_{sed} \dots\dots\dots(3)$$

$$V_{água} = d_{água} \cdot A + d_{sed} \cdot \theta_{sed} \cdot A \dots\dots\dots(4)$$

onde:

d_{sed} = profundidade ou espessura da camada de sedimento [L];

A = área do campo de arroz tratado [L^2];

ρ_{sed} = densidade do sedimento [$M L^{-3}$];

$d_{água}$ = profundidade da lâmina de água [L] e

θ_{sed} = porosidade do sedimento [$L^3 L^{-3}$].

A quantidade do agrotóxico (ingrediente ativo) aplicado por unidade de área, m_{ia} [$M L^{-2}$] é dada por:

$$m_{ia} = \frac{m_{apli}}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Substituindo as equações (2), (3), (4) e (5) na equação (1), tem-se:

$$C_{\text{água}} = \frac{m_{ia}}{d_{\text{água}} + d_{\text{sed}} \cdot (\theta_{\text{sed}} + \rho_{\text{sed}} \cdot f_{oc} \cdot K_{oc})} \dots\dots\dots(6)$$

Para parametrização da equação (6) foram usados dados observados em campos de arroz dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 2007) ou otimização do parâmetro por meio da calibração do modelo com base nos dados observados. Os seguintes valores foram utilizados: $d_{\text{água}} = 0,10$ m (USDA, 1998 e 2002 citados por ESTADOS UNIDOS, 2007, p. 4); $d_{\text{sed}} = 0,01$ m (calibração do modelo); $f_{oc} = 0,01$ (corresponde à média das medições de f_{oc} em 15 campos de arroz irrigado, em seis estados americanos) (ESTADOS UNIDOS, 2007); $\rho_{\text{sed}} = 1.300$ kg m⁻³ (BRADY, 1984; HILLEL, 1982); $\theta_{\text{sed}} = 0,509$ m³ m⁻³ (estimado com base em $\theta_{\text{sed}} = 1 - (\rho_{\text{quartz}}/\rho_{\text{sed}})$, onde a densidade das partículas é igual a 2.650 kg m⁻³, conforme Brady (1984) e Hillel (1982) e utilizado o quartzo como referência). Importante salientar que na definição dos valores dos parâmetros acima considerou-se a necessidade de garantir o conservadorismo nas estimativas das concentrações ambientais. Após inclusão dos valores desses parâmetros na equação (6), tem-se $C_{\text{água}}$ (µg L⁻¹), dado por:

$$C_{\text{água}} = \frac{m_{ia}}{0,00105 + 0,0000013 \cdot K_{oc}} \dots\dots\dots(7)$$

Os agrotóxicos considerados nesse estudo foram os herbicidas, inseticidas e fungicidas registrados e recomendados para a cultura de arroz irrigado no Brasil (ARROZ..., 2016). Na Tabela 1 são apresentados os diferentes ingredientes ativos, classe, a faixa de dose do ingrediente ativo recomendada e o valor de K_{oc} . Os valores considerados de m_{ia} para cálculo de $C_{\text{água}}$ para os diferentes agrotóxicos foi o limite superior da faixa de dose do ingrediente ativo, portanto a maior dose recomendada para aplicação. Assim, os valores de $C_{\text{água}}$ para cada ingrediente ativo foram estimados com base na equação (7), sendo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes ativos utilizados na cultura de arroz irrigado no Brasil e suas respectivas concentrações ambientais estimadas na água ($C_{\text{água}}$).

Ingrediente ativo	Classe ⁽¹⁾	Dose (kg i.a. ha ⁻¹)	K_{oc} (L kg ⁻¹) ⁽²⁾	$C_{\text{água}}$ ($\mu\text{g L}^{-1}$)
2,4-D	H	0,24 – 1,21	39	1.097
Azoxistrobina	F	0,10	589	55
Benfuracarbe	I	1 – 2	9.100	155
Bentazona	H	0,72 – 0,96	55	855
Betaciflutrina	I	0,006	64.300	0,07
Bispiribaque sódico	H	0,05 – 0,06	302	43
Carbofurano	I	0,25 – 0,40	87	344
Cialofope butílico	H	0,18 – 0,32	5.247	40
Cipermetrina	I	0,010 – 0,015	156.250	0,07
Clomazona	H	0,32 – 1,20	300	833
Clorantranilprole	I	0,03	362	20
Cresoxim metílico	F	0,19	308	129
Epoxiconazol	F	0,19	1.073	77
Etiprole	I	0,025 – 0,050	107	42
Etofenproxi	I	0,090	17.757	4
Etoxissulfurom	H	0,06 – 0,08	134	65
Fenoxaprope-P-etílico	H	0,055 – 0,069	11.354	4
Fipronil	I	0,025 – 0,038	727	19
Glifosato	H	0,24 – 2,88	1.424	992
Imazapique	H	0,019 – 0,025	137	20
Imazapir	H	0,074	125	61
Imazetapir	H	0,056	52	50
Imidacloprido	I	0,21	225	156
Mancozebe	F	1,28 – 1,60	998	681
Metsulfurom metílico	H	0,002	12	2
Oxadiazona	H	0,75 – 1	3.200	230
Oxifluorfem	H	0,24	7.566	22
Pendimetalina	H	1,25 – 1,75	17.491	74
Penoxsulam	H	0,024 – 0,060	73	52
Piraclostrobina	F	0,0025 – 0,00375	9.304	0,3
Pirazossulfurom etílico	H	0,015 – 0,020	154	16
Propanil	H	2,88 – 3,60	152	2.883
Quincloraque	H	0,375	50	336
Tebuconazole	F	0,10 – 0,15	769	73
Tetraconazole	F	0,0375 – 0,0625	1.152	25
Tiametoxam	I	0,035 – 0,140	56	33
Tiobencarbe	H	2 4 – 3 2	1.062	1.316
Tiofanato metílico	F	0,0225 – 0,0338	225	261
Triciclazol	F	0,150 – 0,225	169	177
Triclopir butílico	H	0,333 – 0,556	62	491
Trifloxistrobina	F	0,050 – 0,075	2.287	19

⁽¹⁾ H = herbicida; F = fungicida; I = inseticida.⁽²⁾ Fontes: PPDB e PAN.

Os valores estimados de $C_{\text{água}}$ variaram de 0,07 a 2.883 $\mu\text{g L}^{-1}$, sendo os maiores valores observados para a classe dos herbicidas (Tabela 1). Com base na equação (7), os maiores valores de $C_{\text{água}}$ são esperados quanto maior for o valor da dose de ingrediente ativo aplicado (m_{ia}) e menor o valor do coeficiente de partição do agrotóxico, entre a água e o carbono orgânico do sedimento (K_{oc}). Assim, os maiores valores de $C_{\text{água}}$ para alguns herbicidas deve-se ao fato de serem aplicadas altas doses de ingrediente ativo e este não possuir um valor alto de K_{oc} como, por exemplo, o propanil.

As estimativas de $C_{\text{água}}$, obtidas com base no modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” (Equação 7), para os diferentes ingredientes ativos utilizados na cultura de arroz irrigado no Brasil, devem ser conservadoras para atender ao propósito da Fase 1 na ARA de agrotóxicos, já que foram estimadas considerando cenários de exposição de “piores casos”. Na prática, isso quer dizer que os valores de $C_{\text{água}}$, apresentados na Tabela 1, devem ser maiores que eventuais resíduos desses agrotóxicos apresentados em estudos de monitoramento em águas superficiais, desde que esses agrotóxicos tenham sido utilizados conforme recomendação técnica preconizada. Dessa forma, a decisão tomada na Fase 1 da ARA de agrotóxicos pode garantir o uso seguro desses produtos.

Após uma vasta busca na literatura, foram encontrados trabalhos de monitoramento para apenas 15 diferentes agrotóxicos, dentre os 41 apresentados na Tabela 1, sendo esses trabalhos de monitoramento concentrados na região Sul do Brasil (Tabela 2).

Tabela 2. Estudos de monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais de áreas com a cultura de arroz irrigado no Brasil.

Ingrediente ativo	Estado	Período	Concentração máxima ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Referência
2,4-D	SC	2006 a 2014	8,7	Vieira et al. (2016)
2,4-D	RS	2003 a 2008	3,4	Marchesan et al. (2010)
Bentazona	SC	2006 a 2014	135,93	Vieira et al. (2016)
Bentazona	RS	2003 a 2008	3,6	Marchesan et al. (2010)
Bispiribaque sódico	SC	2006 a 2014	3,5	Vieira et al. (2016)
Carbofurano	SC	2006 a 2014	5,16	Vieira et al. (2016)
Carbofurano	RS	1999 a 2001	5,31	Mattos et al. (2002)
Carbofurano	RS	2005 a 2006	14,99	Grützmacher et al. (2008)
Carbofurano	RS, SC	2007 a 2008	1,4	Silva et al. (2009)
Carbofurano	RS	2003 a 2008	0,8	Marchesan et al. (2010)
Carbofurano	SC	2014 a 2015	0,06	Matias e Tamanaha 2016
Clomazona	MS	2011 a 2013	16,41	Scorza Júnior (2013)
Clomazona	RS	2000 a 2003	8,85	Marchesan et al. (2007)
Clomazona	RS	2005 a 2006	6,51	Grützmacher et al. (2008)
Clomazona	RS, SC	2007 a 2008	0,064	Silva et al. (2009)
Clomazona	RS	2003 a 2008	4,7	Marchesan et al. (2010)
Fipronil	RS	2005 a 2006	1,14	Grützmacher et al. (2008)
Fipronil	RS, SC	2007 a 2008	3,45	Silva et al. (2009)
Fipronil	RS	2003 a 2008	26,2	Marchesan et al. (2010)
Glifosato	RS	1999 a 2000	14,4	Mattos et al. (2002)
Imazapique	RS, SC	2007 a 2008	0,014	Silva et al. (2009)
Imazetapir	RS, SC	2007 a 2008	0,326	Silva et al. (2009)
Imazetapir	RS	2003 a 2008	1,2	Marchesan et al. (2010)
Oxadiazona	RS	1999 a 2001	7,73	Mattos et al. (2002)
Penoxsulam	RS	2007 a 2008	6,55	Mattos et al. (2012)
Penoxsulam	RS, SC	2007 a 2008	0,15	Silva et al. (2009)
Propanil	RS	2000 a 2003	12,9	Marchesan et al. (2007)
Propanil	RS	2003 a 2008	5,4	Marchesan et al. (2010)
Propanil	SC	2006	0,05	Costa et al. (2008)
Quincloraque	SC	2006 a 2014	6,9	Vieira et al. (2016)
Quincloraque	RS	1999 a 2001	23,8	Mattos et al. (2002)
Quincloraque	RS	2000 a 2003	6,6	Marchesan et al. (2007)
Quincloraque	RS	2005 a 2006	5,34	Grützmacher et al. (2008)
Quincloraque	RS, SC	2007 a 2008	0,12	Silva et al. (2009)
Quincloraque	RS	2003 a 2008	4,1	Marchesan et al. (2010)
Quincloraque	SC	2014 a 2015	2,05	Matias e Tamanaha 2016
Tebuconazole	RS, SC	2007 a 2008	0,015	Silva et al. (2009)
Triciclazol	SC	2006 a 2014	3,22	Vieira et al. (2016)

Comparando-se os valores de $C_{\text{água}}$, estimados com base no modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”, para os diferentes agrotóxicos da Tabela 1, com suas concentrações máximas encontradas nos trabalhos de monitoramento, observa-se que para todos eles, com exceção do fipronil em um estudo de monitoramento, os valores de $C_{\text{água}}$ foram menores (Figura 1). Isso indica que as concentrações estimadas pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” são conservadoras para agrotóxicos usados na cultura de arroz irrigado no Brasil, embora na parametrização do modelo tenha-se utilizado dados americanos. Observa-se na Figura 1 que, em quase sua totalidade, os valores de $C_{\text{água}}$ foram de 100 a 100.000 vezes superiores às concentrações máximas dos estudos de monitoramento.

Em síntese, conclui-se que o modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” atende ao propósito de gerar estimativas conservadoras para uso de agrotóxicos em cenários de arroz irrigado no Brasil e, portanto, garantir decisões seguras para Fase 1 na ARA de agrotóxicos para essa cultura.

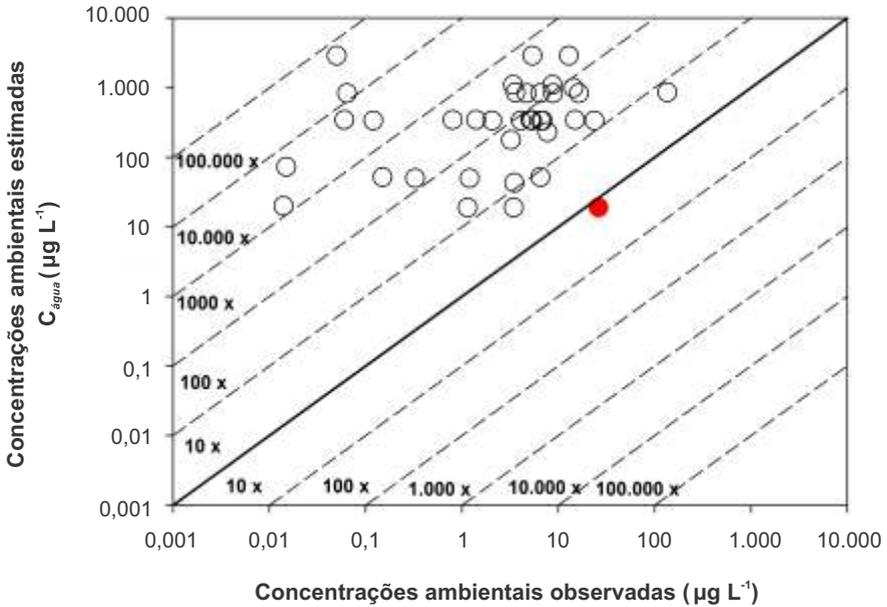


Figura 1. Comparação entre os valores das concentrações ambientais estimadas (CAE) pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0” para diferentes agrotóxicos usados na cultura de arroz irrigado no Brasil e suas concentrações máximas observadas em estudos de monitoramento.⁽¹⁾

⁽¹⁾ A linha sólida 1:1 denota que ambas as concentrações são iguais. Pontos abaixo da linha 1:1 indicam que as concentrações máximas encontradas em estudos de monitoramento foram maiores que as CAE pelo modelo “Tier 1 Rice Model v1.0”. As linhas tracejadas indicam se os valores foram sub ou superestimados com suas respectivas ordens de magnitude (10, 100, 1.000x, etc.). O ponto em vermelho se refere ao fipronil, com base no estudo de monitoramento de Marchesan et al. (2010).

Referências

ARROZ irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2016. 200 p.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. New York: Macmillan, 1984. 878 p.

COSTA, L. L. F.; SANT'ANA, E. S.; SUCHARA, E. A.; BENATO, V. S.; CARASEK, E. Determinação de herbicidas usados no cultivo de arroz irrigado na região sul do Estado de Santa Catarina através de SPME-GC-ECD. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 79-83, 2008.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Tier I Rice Model v.1.0 for estimating pesticide concentrations in rice paddies**. Washington, DC, 2007. 14 p.

GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 632-637, Nov./Dec. 2008.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. Orlando: Academic Press, 1982. 392 p.

MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. G.; MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, M. G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1053-1059, maio 2010.

MARCHESAN, E.; ZANELLA, R.; AVILA, L. A.; CAMARGO, E. R.; MACHADO, S. L. O.; MACEDO, V. R. M. Rice herbicide monitoring in two Brazilian rivers during the rice growing season. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 2, p. 131-137, Mar./Apr. 2007.

MATIAS, V. A.; TAMANAHA, M. S. Monitoramento dos agrotóxicos quinclorac e carbofuran no Rio Camboriú, Município de Camboriú, Santa Catarina. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 18, n. 1, p. 30-45, 2016.

MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. C. R.; DIAS, S. L. P.; PRATA, F.; CAMARGO, L. Monitoramento ambiental do glifosato e do seu metabólito (ácido aminometilfosfônico) na água de lavoura de arroz irrigado. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 12, p. 145-154, 2002.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; SANTOS, I. M. B. **Qualidade da água de drenagem em cultivo de arroz pré-germinado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012. 6 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 125).

PORTAL de dados abertos sobre agrotóxicos: comercialização de agrotóxicos – 2012 a 2014. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016]. Disponível em: <<http://dados.contraosagrototoxicos.org/dataset/comercializacao-de-agrototoxicos-2012-a-2014>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1199-1208, 2014.

SCORZA JÚNIOR, R. P. **Monitoramento do herbicida clomazona em áreas piloto da produção integrada de arroz em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 189).

SILVA, D. R. O.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D.; OLIVEIRA, E.; ZANELLA, R.; NOLDIN, J. A. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2283-2389, dez. 2009.

VIEIRA, D. C.; NOLDIN, J. A.; DESCHAMPS, F. C.; RESGALLA JÚNIOR, C. Ecological risk analysis of pesticides used on irrigated rice crops in Southern Brazil. **Chemosphere**, v. 162, p. 48-54, Nov. 2016.



Agropecuária Oeste

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 14114