

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO E O RISCO DE POLUIÇÃO HÍDRICA POR AGROQUÍMICOS UTILIZADOS NA CULTURA DE ARROZ NO TOCANTINS

*Anelise Kappes Marques<sup>1</sup>; Fernanda Villibor Xavier<sup>2</sup>; Silvio Carneiro Cunha Filho<sup>3</sup>; Maria Aparecida Faustino Pires<sup>4</sup>.*

**RESUMO** - O Tocantins é o terceiro maior produtor nacional de arroz com uma área plantada de 65.000 ha, sendo o arroz irrigado sua principal cultura. A aplicação de agroquímicos em culturas de arroz pode afetar a qualidade dos recursos ambientais como as águas superficiais e subterrâneas. Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial teórico de lixiviação e o risco de poluição das águas superficiais e subterrâneas por agroquímicos utilizados na cultura de arroz no vale do Javaés, estado do Tocantins. Para esta avaliação foram utilizados os critérios de *screening* da US-EPA; o índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*); e o método de Goss que servem como ferramentas para auxiliar na identificação de pesticidas em monitoramento ambiental. Os índices avaliados permitem concluir que triciclazol possui maior probabilidade de atingir as águas subterrâneas por sua alta mobilidade no ambiente, assim como tebuconazole, apesar deste não sofrer lixiviação. Observou-se que as águas superficiais podem ser impactadas pelo tebuconazole que possui grande potencial de transporte associado ao sedimento em suspensão.

**ABSTRACT**- Tocantins is the third national biggest rice producer in a field range of 65.000 ha, and its mainly culture consists in irrigated rice. The agrochemical application in rice cultures could affect the quality of environmental resources such as freshwater and groundwater. This paper has the aim of evaluating the theoretical potential of leaching and the risk of polluting the freshwater and groundwater through the agrochemicals used in its culture in the Javaés valley, Tocantins. For this evaluation has been used the screening from US-EPA; the index GUS (Groundwater Ubiquity Score); and the method Goss that is useful as a tool for helping identify agrochemicals to be prioritize in the environmental monitoring. The evaluated indexes allow us to conclude triciclazol has great probability to reach the groundwater, through its mobility in the environment, as well as tebuconazole despite not suffering leaching. Groundwater can be impacted by the tebuconazole, because there is a high potential of transport associated to the sediment in suspension causing contamination, however the triciclazol and deltrametrina showed low potential of contamination.

**Palavras-chave:** agroquímicos, qualidade da água, índice GUS e Goss

<sup>1</sup>Mestre em Ciências do Ambiente, Laboratório de Microbiologia Ambiental da UFT, Palmas, TO. E-mail [aneliseuft@hotmail.com](mailto:aneliseuft@hotmail.com)

<sup>2</sup>Mestre em Ciências do Ambiente, FMT-TO, Av. Dionísio Farias, 838, 77818-600 Araguaína – TO. E-mail [fvillibor@fmt.to.gov.br](mailto:fvillibor@fmt.to.gov.br)

<sup>3</sup>Mestrando em Ciências – IPEN, Av. Dionísio Farias, 838, 77818-600 Araguaína – TO. E-mail [cunhafilho@yahoo.com.br](mailto:cunhafilho@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Professora Doutora da Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear do IPEN, Gerente do Centro de Química e Meio Ambiente, CQMA do IPEN, Av. Prof. Lineu Prestes 2242, 05508-000 São Paulo. E-mail [mapires@ipen.br](mailto:mapires@ipen.br)

## INTRODUÇÃO

No Brasil o ecossistema de arroz irrigado é responsável por aproximadamente 60% da produção nacional, e existem aproximadamente 35 milhões de ha de regiões de baixios periodicamente inundados. Desse total, o sistema de produção de arroz irrigado por inundação ocupa cerca de 1.368.422 ha distribuídos entre a região de clima temperado nas várzeas dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (86,5%) e a região de clima tropical nas várzeas tropicais dos Estados do Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul (13,5%).

Dentro deste cenário destaca-se o Estado do Tocantins que possui uma área total de 27.842.070 ha, dos quais 13.852.070 ha (50%) tem vocação para a produção agrícola. Desta área potencial, 7.500.000 ha são pastagens e 600.000 ha são atualmente explorados com agricultura, restando uma área a ser explorada de 5.750.000 ha. Da área total, 1.434.000 ha são formados por várzeas tropicais com características para a irrigação por subirrigação (Tocantins SEAGRO, 2008).

Dessa forma, o Estado possui uma área com potencial para a irrigação em torno de 4.437.000 ha, correspondendo a 30,4% da área disponível na Região Norte e 15% das áreas de várzeas do Brasil. É o estado brasileiro que possui a maior relação percentual de área irrigada/área cultivada (20,7%), contribuindo com 4,2% da produção de arroz irrigado por inundação contínua e com 2,5% da produção nacional de arroz (Barrigossi *et al.*, 2003).

O Tocantins é o terceiro maior produtor nacional de arroz com uma área plantada de 65.000 ha, sendo o arroz irrigado sua principal cultura. Porém o Estado apresenta imenso potencial de expansão devido às condições de solo e clima bastante favoráveis para este cultivar (Santos *et al.*, 2003). No vale do rio Javaés observa-se uma extensa área contínua com potencial para a agricultura irrigada de aproximadamente 1 milhão de ha (MMA, 2005).

De acordo com Santos *et al.* (2003) o arroz além de ser um dos alimentos básicos da população brasileira, seu cultivo tem papel importante do ponto de vista social, pois contribui para a fixação do homem no campo, e econômico por ser capaz de gerar divisas para o estado que o cultiva.

Na região tropical, a área cultivada com arroz irrigado é próxima a 13% proporcionando aproximadamente 11% da produção total brasileira neste ecossistema. As características dos solos e condições de hidromorfismo tornam estas áreas aptas a orizicultura irrigada. Especificamente nas Regiões Norte e Centro-Oeste, região dos cerrados, há 12 milhões de ha de várzeas, sendo a maior parte ainda sob mata ou pastagem nativa. A disponibilidade de água, as condições climáticas e a extensão territorial do Tocantins evidenciam seu grande potencial para a expansão da orizicultura irrigada, e atualmente a produção do Estado é caracterizada pela cultura de arroz de sequeiro e irrigado (Santos e Rabelo, 2008).

Na safra 2003/04, a área total cultivada com arroz no Tocantins foi de 162.135 ha, sendo 54.680 ha no sistema irrigado com produtividade média de 4.482 kg $ha^{-1}$  e 107.455 ha no sistema de terras altas, cuja produção total foi de 417.075 t, com produtividade média de 2.572 kg $ha^{-1}$ . O cultivo de arroz de terras altas é distribuído em todo o Estado, enquanto o irrigado está concentrado nas regiões Centro-Oeste e principalmente Sudeste, no vale do Javaés, abrangendo os municípios de Cristalândia, Dueré, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium (Santos e Rabelo, 2008).

Grande parte do arroz irrigado do Vale do Javaés é praticada em áreas de várzeas contínuas sistematizadas (Soares, 2006) bem representada no Projeto Formoso (Formoso do Araguaia) e no Projeto Javaés (Lagoa da Confusão).

A orizicultura tem continuamente utilizado agroquímicos que permitem a elevação da produtividade, não deixando de gerar por sua vez, impactos no ambiente. A utilização indevida de agrotóxicos pode causar malefícios tanto para o homem como para os animais silvestres, peixes e outros organismos. O uso de agrotóxicos em campos de arroz irrigado pode ocasionar intoxicação de peixes nos canais próximos e de animais silvestres que habitam ou visitam os campos de arroz para se alimentarem (Barrigossi e Ferreira, 2004).

A degradação ambiental deve ser entendida como o resultado de um conjunto de ações e processos que causam efeitos adversos ao ambiente comprometendo os recursos naturais e consequentemente a qualidade de vida da população. A atividade agrícola tem contribuído muito para redução dos recursos naturais e da qualidade ambiental no Brasil tanto nas áreas de expansão da fronteira agrícola como nas áreas tradicionalmente exploradas (Barrigossi *et al.*, 2003).

A aplicação de agroquímicos em culturas de arroz pode afetar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (Padovani *et al.*, 2006). Este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial teórico de lixiviação e o risco de poluição das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos (fungicidas e inseticidas) utilizados na cultura de arroz no vale do Javaés no estado do Tocantins. Para esta avaliação foram utilizados os critérios de *screening* da US-EPA; o índice GUS de vulnerabilidade de águas subterrâneas (*Groundwater Ubiquity Score, GUS*); e o método de Goss.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

A área estudada constitui-se em região irrigada da planície aluvial do Araguaia, sudoeste do estado do Tocantins. No Vale do Javaés pode ser observada uma imensa área de várzea com mais de 500 mil ha entre os rios Araguaia e seus afluentes (Urubu, Javaés e Formoso) considerada a maior área contínua para irrigação por gravidade no globo terrestre. Os projetos Formoso e Javaés ocupam apenas 45 mil ha com a cultura do arroz no período chuvoso (Santos e Rabelo, 2008).

Na bacia hidrográfica Araguaia-Tocantins a estrutura fundiária indica vastas propriedades e poucos proprietários. Os imóveis com menos de 50 ha representam 18% do total, enquanto os maiores que 5.000 ha somam 42%, sendo o tamanho médio dos estabelecimentos agropecuários de 252 ha para uma média nacional de 67 ha (MMA, 2005).

De acordo com dados da SEPLAN (Tocantins, 2005) o uso da terra no vale dos Javaés se caracteriza por cerrado, pastagens e terras agriculturadas. Segundo dados do IBGE (2005) a área colhida de arroz apresentou 71.220 ha com produção de 244.023 t. Formoso da Araguaia (1.660 ha/23.770 ha) e Lagoa da Confusão (1.200 ha/25.000 ha) foram os municípios mais expressivos na orizicultura irrigada do estado do Tocantins.

O clima predominante no Vale dos Javaés é o tipo B2rA'a', clima úmido com pequena ou nula deficiência hídrica, evapotranspiração potencial média anual de 1.700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 500 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperaturas mais elevadas. A temperatura e pluviosidade média anuais são de 28 °C e 1700-1800 mm, respectivamente (Tocantins, 2005). Na região há dois períodos climáticos bem definidos: estação das chuvas (de outubro a abril) quando ocorre mais de 90% da precipitação; e estação da seca, que se prolonga de maio a setembro, com ausência quase total das chuvas e baixa umidade relativa do ar (ANA, 2006).

O Vale do Javaés se localiza em região de cerrado com predominância de vegetação xeromorfa aberta, dominada e marcada por um estrato herbáceo. Esta vegetação ocorre em quase todo o Estado, preferencialmente em clima estacional (mais ou menos 6 meses secos), sendo encontrada também em clima ombrófilo, quando obrigatoriamente reveste solos lixiviados e/ou aluminizados (Tocantins SEPLAN, 2005). O Cerrado apresenta como fisionomia frequente a formação aberta de árvores e arbustos baixos, coexistindo com uma camada rasteira gramínea e destaca-se pela grande biodiversidade. Estimativas apontam para a existência de mais de 6.000 espécies de árvores e 800 espécies de aves, além de grande variedade de peixes e outras formas de vida (ANA, 2006).

O relevo é caracterizado por formas erosivas constituídas a partir de processos predominantemente erosivos, onde houve um rebaixamento das saliências, tendendo ao nivelamento do relevo, sendo elas: Superfícies Tabulares Erosivas, Superfícies de Pediplanos, Inselbergs e Terraços Fluviais; e por formas de acumulação, relevos resultantes do depósito de sedimentos, em regiões fluviais, paludais e lacustres, normalmente sujeitos à inundações - terraços fluviais, planícies fluviais e áreas de acumulação inundáveis (Tocantins SEPLAN, 2005). A altitude da área está em torno de 200m e o relevo tem inclinação menor que 0,05%, o que favorece as inundações periódicas, dando origem a solos mal drenados (Tocantins SEPLAN, 2005).

Os solos de maior expressão na região são os latossolos vermelho-amarelos e vermelhos com texturas variáveis de média a argilosa, associados comumente a Solos Concrecionais, Neossolos Quartzarênicos, Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo e eventualmente, a outros solos (MMA, 2005), que ocorrem geralmente nos chapadões ou superfícies de erosão estabilizadas mais antigas, assim como nas pediplanícies e fluvioplanícies interiores. Estes solos são geralmente profundos e bem drenados, caracterizados pela baixa fertilidade e necessidade de correção e adubação para o uso agrícola. A estes solos estão comumente associados solos concrecionais, neossolos quartzarênicos e argissolos (ANA, 2006).

Dados da SEPLAN (Tocantins SEPLAN, 2005) configuram o vale do Javaés no sistema hidrográfico Araguaia, Bacia do Rio Formoso (20.676,6 km<sup>2</sup>). Nesta região hidrográfica, os principais problemas que comprometem a qualidade das águas superficiais são: a atividade mineradora em garimpos; as áreas de extração de areia em pequenos mananciais; o lançamento de esgotos domésticos; a contaminação por fontes difusas (agrotóxicos, fertilizantes, sedimentos carregados por ação erosiva em solos mal manejados, entre outros); e o lançamento de efluentes com grande quantidade de matéria orgânica de matadouros e frigoríficos. Mais especificamente na bacia do rio Araguaia são identificados vários trechos com processos erosivos, sobretudo nas suas nascentes, em áreas com intensa atividade agrícola (principalmente monocultura da soja) e pecuária, trazendo como consequência o assoreamento de cursos de água e de reservatórios (ANA, 2006).

Na região hidrográfica, as demandas (vazões) de consumo e de retirada de água são respectivamente de 50,8 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e 31,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. A unidade hidrográfica do Araguaia concentra metade de todo o consumo de água na região. O balanço hídrico entre a demanda de consumo e a disponibilidade hídrica, considerada como a vazão de estiagem, mostra uma situação confortável, com valor médio na região de 2,0%. O principal uso consuntivo da água na região hidrográfica é para irrigação. As vazões de retirada e consumo para irrigação são respectivamente de 19,6 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e 15,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. O segundo principal uso de água é para dessedentação animal com vazões de retirada e de consumo respectivamente de 14,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> e 11,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (ANA, 2006).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O levantamento dos principais agroquímicos utilizados na orizicultura do Vale do Javaés foi fundamentado em informações provenientes da Agência de Defesa Agropecuária do estado do Tocantins (Tocantins ADAPEC, 2008).

A classificação dos pesticidas de acordo com o potencial de contaminação de águas subterrâneas e superficiais depende da interpretação das suas propriedades físico-químicas (Ferracini *et al.*, 2001). A lixiviação e o escoamento superficial são os tipos de transporte que podem levar à contaminação dos recursos hídricos por resíduos de agrotóxicos. A lixiviação é a principal forma de contaminação das águas subterrâneas enquanto o escoamento superficial tem papel fundamental na contaminação das águas superficiais (Scorza Jr, 2007).

Para discutir o risco potencial de contaminação das águas subterrâneas no Vale do Javaés foram utilizados o método de *Screening da Environmental Protection Agency – EPA* (Cohen *et al.*, 1995) e o índice de GUS – *Groundwater Ubiquity Score* (Funari *et al.*, 1991).

Os critérios EPA envolvem: solubilidade em água  $>30 \text{ mg.mL}^{-1}$ ; coeficiente de adsorção à matéria orgânica  $K_{oc} < 300-500 \text{ mL.g}^{-1}$ ; constante de Henry  $KH < 10^{-2} \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$ ; meia vida no solo ( $DT_{50}$  no solo)  $> 14-21$  dias; meia vida na água ( $DT_{50}$  na água)  $> 175$  dias.

O índice de GUS avalia a lixiviabilidade de moléculas e a possibilidade de encontrá-las em águas subterrâneas, de acordo com a equação (Armas *et al.*, 2005):

$$GUS = \text{Log}_{10}(t_{1/2}) \times [4 - \log_{10}(K_{oc})]$$

Onde  $t_{1/2}$  é a meia vida no solo (dias) e  $K_{oc}$  é o coeficiente de adsorção à matéria orgânica.

Uma vez determinado o índice de GUS para cada agroquímico, os mesmos são classificados em função dos critérios (Ferracini *et al.*, 2001), conforme apresentado na tabela 1.

TABELA 1 – ÍNDICE DE GUS E CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO

VALOR	CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO
GUS = 1,8	Não sofre lixiviação
$1,8 < GUS < 2,8$	Faixa de transição
$GUS \geq 2,8$	Provável lixiviação

O potencial de contaminação das águas superficiais foi estimado de acordo com as características dos pesticidas utilizando critérios propostos por Goss (Goss, 1992) que classificam o risco de contaminação em alto, médio e baixo em função do transporte de pesticidas. Os critérios propostos por Goss para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais foram avaliados de acordo com Dores e Freire (2001).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, o total de ingredientes ativos de agrotóxicos comercializados para uso no cultivo do arroz irrigado por inundação passou de 4.597 t em 1997 para 3.146 t em 2002, correspondendo a uma redução de 31,6%. Do total de agrotóxicos comercializados 93,2% correspondeu a venda de herbicidas, 3,8% de fungicidas e 3% de inseticidas (Barrigossi *et al.*, 2003).

O consumo médio dos principais agrotóxicos utilizados na orizicultura é maior no cultivo irrigado do que no de terras altas. Contudo, no cultivo do arroz irrigado observou-se um decréscimo contínuo no consumo destes produtos que pode ser atribuído à adoção de técnicas mais adequadas de manejo (Barrigossi *et al.*, 2003).

A seleção dos agroquímicos para este estudo foi realizada através de dados embasados em informações da Agência de Defesa Agropecuária que realiza ações de controle da comercialização dos agrotóxicos no estado do Tocantins. No levantamento verificou-se a predominância do uso de fungicidas (triciclazol e tebuconazole) e de inseticida (deltametrina) que pode ser observada na tabela 2.

TABELA 2 – RELAÇÃO DOS PRODUTOS MAIS UTILIZADOS NA CULTURA DO ARROZ NO ESTADO DO TOCANTINS DE CORDO COM A ADAPEC (2007)

EMPRESA	MARCA COMERCIAL	CLASSE	INGREDIENTE ATIVO
Dow Agrosiences	Bim	fungicida	Triciclazol
Bayer Cropscience	Folicur	fungicida	Tebuconazole
Bayer Cropscience	Decis 25 CE	inseticida	Deltametrina

A análise dos pesticidas utilizada nas cadeias produtivas possibilita a identificação de produtos capazes de oferecer risco potencial ou apresentar potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas (Ferracini *et al.*, 2001). A descrição das características dos agroquímicos aplicados na orizicultura tocantinense está descrita na tabela 3.

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DOS PESTICIDAS APLICADOS NA CULTURA DE ARROZ NO VALE DO JAVAÉS – TO

PESTICIDA NOME COMERCIAL	INGREDIENTE ATIVO	CLASSE QUÍMICA	CLASSE TOXICOLÓGICA	CLASSE
BIM	Triciclazol	Benzotiazol	II	Fungicida
FOLICUR	Tebuconazole	Triazol	IV	Fungicida
DECIS 25 CE	Deltametrina	Piretróide	III	Inseticida
BIM	Triciclazol	Benzotiazol	II	Fungicida

FONTE: ANVISA (2008)

A interação de solos e pesticidas frequentemente tem dificultado a avaliação do comportamento de determinado pesticida no ambiente. Estes compostos apresentam propriedades

como meia vida no solo e na água (DT50), coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{oc}$ ) e solubilidade que interagem com as propriedades dos solos (teor de matéria orgânica, potencial de erosão e propriedades hidráulicas) (Goss, 1992).

A tabela 4 descreve as propriedades físico-químicas significativas dos ingredientes ativos dos agrotóxicos que foram utilizadas na análise dos índices propostos (*Screening-EPA*, GUS e GOSS), obtidos na literatura.

TABELA 4 – PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS A 20-25°C DOS INGREDIENTES ATIVOS DOS AGROTÓXICOS

INGREDIENTE ATIVO	SOLUBILIDADE EM Água (mg.mL <sup>-1</sup> )	KOC (mL.g <sup>-1</sup> )	KH (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )	DT 50 NO SOLO (dias)	DT 50 NA ÁGUA (dias)
Triciclazol	0,596 *	169 *	5.86 X 10 <sup>-07</sup> *	21 *	92 *
Deltametrina	0,000002 *	460.000 <sup>▼</sup>	3.10 X 10 <sup>-02</sup> *	<23 <sup>▼</sup>	92 *
Tebuconazole	0,032 *	1023,25 <sup>△</sup>	1×10 <sup>-5</sup> *	62 <sup>■</sup>	42,6 <sup>■</sup>

NOTA: Koc: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; KH: constante de Henry; DT50 no solo: meia vida do produto no solo; DT50 na água: meia vida do produto na água.

FONTE: \* <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/de/Reports/660.htm>

♣ [http://www.fao.org/ag/agp/agpp/Pesticid/JMPR/Download/94\\_eva/tebucona.pdf](http://www.fao.org/ag/agp/agpp/Pesticid/JMPR/Download/94_eva/tebucona.pdf)

△ [http://www1.minambiente.gov.co/prensa/gacetitas/2006/noviembre/res\\_2312\\_281106.pdf](http://www1.minambiente.gov.co/prensa/gacetitas/2006/noviembre/res_2312_281106.pdf)

■ <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/de/Reports/610.htm>

▼ Ferracini et al (2005)

\* <http://www.chemnet.com/sell/index.cgi?f=detail&id=996960>

O índice de GUS para Triciclazol apresentou valores de 2,34 indicando que este fungicida se encontra na faixa de transição de acordo com os critérios estabelecidos em Ferracini *et al.* (2001). Tebuconazole com GUS=1,77 e deltametrina com GUS = -2,265 demonstram não sofrer lixiviação. O resultado do índice de GUS para deltametrina corrobora com os valores encontrados por Ferracini *et al.* (2001) na região de fruticultura irrigada de Petrolina e Juazeiro (GUS= -2,26).

Os critérios EPA não demonstram clareza para a obtenção da classificação do potencial de lixiviação dos pesticidas. O número das variáveis (propriedades dos pesticidas) que devem obedecer aos valores estipulados para prever a classificação não é definido, portanto utilizamos o termo “inconclusivo” (I) para princípios ativos que atenderam somente a metade das variáveis. Para os princípios ativos que atenderam mais da metade das variáveis utilizamos o termo “contaminante potencial” (PC); e para os que atenderam somente a um critério, utilizamos “não contaminante” (NC) conforme proposto por Lourencetti *et al.* (2005). Baseados nos critérios de “*Screening*” propostos pela EPA a tabela 5 apresenta o potencial de contaminação das águas subterrâneas pelos pesticidas avaliados.



TABELA 5 – POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELOS CRITÉRIOS DA EPA

CLASSE	INGREDIENTE ATIVO	SOLUBILIDADE EM ÁGUA (mg.mL <sup>-1</sup> )	KOC (mL.g <sup>-1</sup> )	KH (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )	DT 50 NO SOLO (dias)	DT 50 NA ÁGUA (dias)	CRITÉRIOS DA EPA
Fungicida	Triciclazol	◇	□	□	□	◇	PC
Fungicida	Tebuconazole	◇	◇	□	□	◇	I
Inseticida	Deltametrina	◇	◇	◇	□	◇	NC

NOTAS: ◇ composto não atende ao critério

□ composto atende ao critério como potencialmente perigoso

PC: contaminante potencial

NC: não contaminante

I: inconclusivo

De acordo com os critérios *Screening* - EPA, triciclazol apresentou-se como um contaminante potencial das águas subterrâneas. Os baixos valores do coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{OC}=169$ ) podem indicar maior mobilidade das moléculas, o que torna este fungicida um composto com maior potencial de lixiviação.

Tebuconazole apresentou-se como inconclusivo, pois somente os critérios de meia vida no solo e constante de Henry o classificavam como potencialmente perigoso. O tempo de meia vida passa a exercer forte influência na lixiviação quando os valores do coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{OC}$ ) são reduzidos (Lourencetti *et al.*, 2005), o que não é o caso do Tebuconazole ( $K_{OC}=1023,25$ ).

Ferracini *et al.* (2001) destacam que este ingrediente ativo cujo coeficiente de adsorção não atende aos critérios *Screening* - EPA está também sob suspeita de se tornar agente causador de contaminação de águas subterrâneas.

Deltametrina apresentou-se como composto não contaminante. A adsorção e o tempo de meia vida dos pesticidas apresentam grande influência no seu fluxo descendente (Lourencetti *et al.*, 2005). Os valores do coeficiente de adsorção à matéria orgânica foram elevados ( $K_{OC} = 460.000$ ) o que pode indicar que quanto maior a adsorção menor será a mobilidade das moléculas, sendo estas retidas nas camadas superficiais do solo, o que provavelmente pode impedir seu deslocamento por lixiviação.

De acordo com os índices de Goss usados para avaliar o potencial de determinado pesticida em atingir águas superficiais, os compostos são classificados em dois grupos: os que podem ser transportados dissolvidos em água e os que são transportados associados ao sedimento em suspensão (Ferracini *et al.*, 2001). Para a interpretação dos resultados do índice de Goss, utilizamos a metodologia de Marques *et al.* (2007), que indicou que Triciclazol possui baixo potencial de transporte associado ao sedimento, contrapondo com o resultado obtido para o outro fungicida, o Tebuconazole, que se apresentou com grande potencial de transporte associado ao sedimento em

suspensão. Os baixos valores de solubilidade em água classificaram a Deltametrina em baixo potencial de transporte dissolvido na água.

## 5 CONCLUSÕES

Observa-se uma evolução das culturas de arroz e soja no estado do Tocantins, que ocupam uma área aproximada de 131.000 ha e 58.000 ha, respectivamente. O arroz tem mais que o dobro de área cultivada frente à soja. Ele aparece como a principal cultura agrícola, com quase 350 mil t produzidas entre 97/98 e uma produtividade que passou de 30 sacas ha<sup>-1</sup> ou 1.8000 kg ha<sup>-1</sup> no início dos anos 90, para 44 sacas ha<sup>-1</sup> ou 2.600 kg ha<sup>-1</sup> no início dos anos 2000 (Rodrigues e Bonacelli, 2002).

O uso de pesticidas na agricultura brasileira tem aumentado principalmente em função da expansão da fronteira agrícola. No estado do Tocantins pode-se observar a constante substituição das áreas naturais (cerrado) por monoculturas de arroz, soja e cana de açúcar. O potencial de perda de pesticidas pela água superficial ou lixiviação depende da combinação de pesticida, solo, clima e fatores de manejo (Ferracini *et al.*, 2001).

Os índices avaliados permitem concluir que em relação à contaminação das águas subterrâneas, o triciclazol pode ser considerado a substância com maior probabilidade de atingi-las, uma vez que possui maior mobilidade no ambiente. Tebuconazole apesar de não sofrer lixiviação (GUS= 1,77), está também sob suspeita de se tornar agente causador de contaminação de águas subterrâneas. Deltametrina apresentou-se como não contaminante das águas subterrâneas, com baixa mobilidade no ambiente em função de seus reduzidos valores de solubilidade na água.

As águas superficiais podem ser impactadas pelo uso de tebuconazole que de acordo com os critérios utilizados para o índice de Goss, apresentou grande potencial de transporte associado ao sedimento em suspensão podendo causar contaminação nas mesmas, enquanto que o triciclazol e deltametrina apresentaram potencial baixo de contaminação.

Cabe ressaltar que os fatores que concorrem para o melhor desenvolvimento do arroz irrigado por inundação contínua, ou seja, os solos das planícies do rio Araguaia no Estado do Tocantins apresentam predominância de plintita no perfil, sem ou com pouca petroplintita, que geralmente permanecem saturados com água ou submersos a maior parte do ano (COELHO *et al.*, 2004). Assim, a presença de plintita em profundidade pode constituir um forte impedimento à drenagem e com isto impedir a lixiviação dos pesticidas e facilitar o escoamento para as águas superficiais.

O uso de agrotóxicos sem afetar a qualidade dos recursos hídricos é um grande desafio, ainda mais quando se tem escassez de água potável. É importante prevenir para que fontes de água e lençol freático não sejam contaminados com resíduos de agrotóxicos, uma vez que qualquer operação realizada na superfície do solo pode afetar a qualidade da água do subsolo, especialmente a forma como os agrotóxicos e fertilizantes são aplicados. Em muitas situações, quando o controle químico é necessário, produtos com restrições de uso são necessários. Portanto, é muito importante conhecer as características do produto e os cuidados exigidos para seu manuseio, bem como seu comportamento no ambiente (Barrigossi *et al.*, 2003).

## BIBLIOGRAFIA

ANA - Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **A região hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia**. Brasília, Abril, 2006.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/t19.pdf>> Acesso em 14 fev. 2008.

ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R.; AMÂNCIO, A.V.; CORREA, R.M.L.; GUERCIO, M.A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na Bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Quim Nova**, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

BARRIGOSI, J.A.F.; FERREIRA, E. Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins: uso de agrotóxicos. Embrapa Arroz e Feijão, n. 3, dez. 2004. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/uso\\_agrototoxicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/uso_agrototoxicos.htm)> Acesso em 01 março 2008.

BARRIGOSI, J.A.F., LANNA, A.C; FERREIRA, E. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo. **Circular Técnica**, n. 67, 2003. Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/circ\\_67.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/circ_67.pdf)> Acesso em 13 fev. 2008.

COELHO, M.R.; SANTOS, H.G.; OLIVEIRA, R.P. Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins. Embrapa arroz e Feijão, n. 3, nov. 2004. Disponível em : <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/solos.htm>> Acesso em 01.março.2008.

COHEN, S.Z.; WAUCHOPE, R.B.; KLEIN, A.W.; EADSFORTH, C.V.; GRANEY, R. Offsite transport of pesticides in water mathematical models of pesticides leaching and runoff. International Union of Pure and Applied Chemistry, v. 67, n. 12, p. 2009-2148, 1995.

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E.M.D.L. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – análise preliminar. **Quim Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

FERRACINI, V.L.; PESSOA, M.C.Y.P.; SILVA, A.S.; SPADOTTO, C.A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Rev Ecotoxicol e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 1-16, jan/dez 2001.

FUNARI, E.; BOTONNI, P.; GIULIANO, G. Groundwater contamination by herbicides. Mesuaread and simulated runoff volumes and peak discharges for all storms used in calibration and verification of the 1990-93 rainfall-runoff model at basin 9, Perris Valley. Process and evaluation criteria. In: RICHARDSON, M.L. **Chemistry agriculture and environment**. p. 235-254. Cambridge, England: The Royal Society of Chemistry, 1991.

GOSS, D.W. Screening procedure for soils and pesticides for potencial water quality impacts. **Weed Tecnology**, v. 6, n. 3, p. 701-708, 1992.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de arroz no Tocantins. 2005. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=635&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=635&id_pagina=1)> Acesso em: 13 jan. 2008.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C.A.; SANTIAGO-SILVA, M.; RIBEIRO, M.L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Rev Ecotoxicol e Meio Ambiente**, Curitiba, v.15, p.1-14, jan./dez. 2005.

MARQUES, M.N.; BADIRU, A.I.; BELTRAME FILHO, O.; PIRES ,M.A.F. Pesticides leaching and run-off hazard in the River Basing of Ribeira de Iguape, SP, Brazil. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 2, n. 2, p.179-185, 2007.

MMA - Ministério do meio ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Relatório Parcial – Relatório Técnico 3 . **Estudo regional da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. Minuta do caderno regional. Brasília – DF. 2005.

PADOVANI, L.; CAPRI, E.; PADOVONI, C.; PUGLISI, E.; TREVISAN, M. Monitoring tricyclazole residues in rice paddy watersheds. **Chemosphere**, v. 62, p. 303-314, 2006.

RODRIGUES, R.F.; BONACELLI, M.B.M.A. Gestão de Ciência e Tecnologia Voltada ao Setor Agropecuário do Tocantins. XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, 2002.

SANTOS, G.R.; KORNDORFER, G.H.; PELÚZIO, J.M.; DIDONET J., REIS FILHO, J.C.D.; CÉSAR, N.S. Influence of silicon sources on disease incidence and severity yield of paddy rice. **Biosci Journal**, Uberlândia. v. 19, n. 2, p. 65-72, 2003.

SANTOS, A.B.; RABELO, R.R. Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantins: introdução e importância econômica. EMBRAPA. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/index.htm>> Acesso em 02 março 2008.

SCORZA JÚNIOR, R.P. Agrotóxicos e a qualidade dos recursos hídricos: uma preocupação da Embrapa Agropecuária Oeste. **Agrosoft Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/pdf.php/?node=27310>> Acesso 12 fev. 2008.

SOARES, D.M. Estimativa no custo de produção de arroz irrigado. **Agrosoft**, 2006. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/pdf.php/?node=21311>> Acesso 12 fev. 2008.

TOCANTINS. ADAPEC - Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins. Disponível em: <http://www.to.gov.br/adapec/> Acesso em 12 jan. 2008.

TOCANTINS. SEAGRO – Secretaria da Agricultura Pecuária e Abastecimento do estado do Tocantins. Disponível em: <[www.seagro.to.gov.br](http://www.seagro.to.gov.br)> Acesso em 12 jan. 2008.

TOCANTINS. SEPLAN- Secretaria do planejamento e meio ambiente. **Atlas do Tocantins: Subsídios ao planejamento da gestão territorial**. 4 edição. 54 p. Palmas, 2005.