

ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM FUNÇÃO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS UTILIZADOS NA REGIÃO DO PADAP¹

André Santana Andrade², Vagner Tebaldi de Queiroz³, Diego Tolentino de Lima⁴, Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz⁵ e Antônio Augusto Neves⁵

RESUMO: Apesar da existência de indicadores de contaminação nas Bacias do Rio São Francisco-Sul e do Rio Paranaíba, até o presente momento, não existem informações disponíveis que permitam concluir se as atividades agrícolas praticadas nos municípios do Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP) e região corroboram, ou não, com os mesmos. Sendo assim, os defensivos agrícolas utilizados na região do PADAP foram analisados em relação à classificação ambiental e ao risco de contaminação de águas subterrâneas em função de seus ingredientes ativos. Observou-se que 72,1% dos produtos formulados se distribuem entre as classes Produto Altamente Perigoso e Muito Perigoso ao Meio Ambiente. Dos 45 ingredientes ativos avaliados no presente estudo, 37,8% se apresentaram como contaminantes em potencial para águas subterrâneas atendendo tanto ao índice de *GUS* quanto aos critérios da *EPA*. Em virtude dos resultados encontrados, recomenda-se que estes ingredientes sejam utilizados criteriosamente e/ou substituídos nas práticas agrícolas realizadas próximas a regiões contendo águas subterrâneas e, ao mesmo tempo, priorizados em programas de monitoramento ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: alto paranaíba, defensivos agrícolas, índice GUS, critérios EPA, águas subterrâneas.

ABSTRACT: Despite of the indicators of contamination in the Abaeté, Borrachudo and Paranaíba rivers, there is no information available to conclude if the agricultural activities conducted in the PADAP region corroborate, or not, with them. Thus, the pesticides used in the PADAP region were analyzed in relation to the environmental classification and the

(1)-PADAP - Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba

(2)-Graduando em Agronomia pela UFV/*Campus* Rio Paranaíba, Bolsista de iniciação científica do CNPq. Rodovia BR 354, km 310, S/N, Zona Rural, caixa postal 22, 38810-000, Rio Paranaíba – MG. E-mail andre.santana@ufv.br

(3)-Professor e Pesquisador da UFV/*Campus* Rio Paranaíba.

(4)-Graduando em Agronomia pela UFV/*Campus* Rio Paranaíba.

(5)-Professor(a) e Pesquisador(a) da UFV/*Campus* Viçosa.

risk of contamination of groundwater due to their active ingredients. It was observed that 72.1% of the pesticides are distributed between the classes “product highly dangerous” and “very dangerous” to the environment. Of the 45 active ingredients evaluated in this study, 37.8% were classified as a groundwater potential contaminant considering the GUS index and EPA criteria. Given the results, it is recommended that these ingredients are used carefully or replaced in agricultural activities carried out close to areas containing groundwater and, at the same time, prioritized in programs of environmental monitoring.

KEYWORDS: alto paranaíba, pesticidas, GUS index, EPA criteria, groundwater.

1. INTRODUÇÃO

O Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), iniciado em 1973, abrangeu uma área de 60.000 hectares e permitiu a implantação de sistemas de cultivo intensivo no Cerrado mineiro [1]. Atualmente, a agricultura com sistemas de produção intensivos ainda é a atividade econômica predominante nesta região de nascentes do Alto Paranaíba [2], a qual apresenta importantes afluentes para as Bacias do Rio São Francisco-Sul e do Rio Paranaíba.

A agricultura praticada na região de forma intensiva eleva a necessidade do uso de defensivos agrícolas para o controle de pragas e doenças que atacam as lavouras. Entretanto, a utilização não criteriosa destes produtos pode comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas [3] e, conseqüentemente, gerar sérios problemas para a flora e fauna nativas e para a saúde da população do entorno.

Apesar da existência de indicadores de contaminação nas Bacias Hidrográficas supracitadas [4, 5, 6 e 7], até o presente momento, não existem informações disponíveis que permitam concluir se as atividades agrícolas praticadas nos municípios do PADAP e região corroboram, ou não, com os mesmos. Sendo assim, este trabalho representa a etapa inicial para a caracterização ambiental desta região do Alto Paranaíba, Brasil. Neste estudo a modelagem matemática foi utilizada para analisar os ingredientes ativos com vistas a selecionar aqueles que devem ser utilizados criteriosamente ou substituídos na prática agrícola regional e os que devem ser priorizados em programas de monitoramento das águas subterrâneas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os municípios de Rio Paranaíba e São Gotardo foram escolhidos para a realização do presente estudo por apresentarem atividades agrícolas com sistemas de produção intensivos. O levantamento dos defensivos agrícolas utilizados na região foi realizado por meio de questionários semi-estruturados. As informações foram obtidas a partir de lojas, cooperativas, proprietários e trabalhadores rurais. As informações sobre o tipo solo da região, classificação toxicológica, ambiental e propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos foram obtidas mediante pesquisa em diferentes bases de dados de domínio público [8,9,10,11,12,13].

A análise de risco de contaminação de águas subterrâneas foi realizada de acordo com o índice de GUS e critérios da EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana) [10, 12,14]. O índice de GUS é calculado com base nos valores de meia-vida no solo (DT_{50}) e coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), de acordo com a equação abaixo:

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

Com o valor de GUS obtido, os princípios ativos são classificados em uma das categorias, definidas por faixas pré-estabelecidas, conforme os seguintes intervalos:

- $GUS \leq 1,8 \Rightarrow$ Não sofre lixiviação;
- $1,8 < GUS < 2,8 \Rightarrow$ Faixa de Transição;
- $GUS \geq 2,8 \Rightarrow$ Provável Lixiviação.

De acordo com os critérios da EPA, são potenciais contaminantes os ingredientes ativos que obedecem as inequações abaixo:

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

Neste critério, também devem ser consideradas as condições de campo, que favorecem a percolação no solo, ou seja, se a pluviosidade anual é superior a 250 mm; se o solo da região em estudo é poroso e se há existência de aquífero não confinado.

No presente trabalho os dados foram inseridos no programa AGROSCRE, desenvolvido pela Embrapa/Meio Ambiente e que utiliza os critérios supracitados para análise de risco de contaminação de águas subterrâneas [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos questionários e as informações disponíveis na base de dados AGROFIT, observou-se que 72,1% (dados não mostrados) dos produtos formulados se distribuem entre as classes I e II (Produto Altamente Perigoso e Muito Perigoso ao Meio Ambiente). Resultado este que enfatiza a necessidade de estudos ambientais pormenorizados na região. O levantamento realizado possibilitou a identificação de 45 ingredientes ativos entre os principais defensivos agrícolas utilizados na região para as culturas café, milho, soja, feijão, cenoura, cebola, batata, alho e beterraba. As propriedades físico-químicas de dois ingredientes ativos, um apresentando características favoráveis à contaminação de águas subterrâneas e o outro não, se encontram representadas na tabela 1. Uma lista completa dos ingredientes identificados pode ser verificada na tabela 2.

TABELA 1. Propriedades físico-químicas de Atrazina e Lambda-cialotrina

Princípio Ativo	Solubilidade em água ¹ (mg/L)	Koc ² (cm ³ /g)	DT ₅₀ ³ no solo (dias)	KH ⁴ (Pa.m ³ .mol ⁻¹)	DT ₅₀ em água ⁵	Índice GUS	Fonte ⁶
Atrazina	35	100	75	1,50 x 10 ⁻⁰⁴	86	3,75	a
Lambda-cialotrina	0,005	157000	25	2,00 x 10 ⁻⁰²	estável	-1,67	a e b

(1)- determinado à 20 °C; (2)- Koc = coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo; (3) - DT₅₀ = tempo de meia-vida no solo; (4) - K_H = constante da Lei de Henry à 25°C; (5) - tempo de meia-vida em água, considerando a hidrólise à 20°C e pH 7; (6) - Referência: a – FOOTPRINT, 2009 [11], b – DORES e DE-LAMONICA-FREIRE, 2001 [10]

Em linhas gerais, quanto maior a persistência (meia-vida) e solubilidade em água e menor o coeficiente de adsorção à matéria orgânica e constante da Lei de Henry para um ingrediente ativo, maior será o seu o risco de contaminação. Analisando a tabela 1, observa-se que Atrazina apresenta valores superiores de solubilidade em água e tempo de meia-vida quando comparado ao ingrediente Lambda-cialotrina. Por outro lado, este último apresenta valores superiores para a constante da Lei de Henry e coeficiente de adsorção à matéria orgânica. Sendo assim, observa-se que nas mesmas condições ambientais, Atrazina tem maiores probabilidades de contaminação de águas subterrâneas do que Lambda-cialotrina.

Além das propriedades físico-químicas dos 45 ingredientes ativos, para a análise de risco de contaminação de águas subterrâneas também foram considerados os seguintes parâmetros: 1) Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico típico, textura muito argilosa, acentuadamente drenado e ácido [9]; 2) A inexistência de aquífero confinado; 3) Precipitação pluviométrica média anual superior a 1500 mm [17]. Os resultados se encontram na tabela 2.

TABELA 2. Resultado da análise de risco de contaminação de águas subterrâneas

Princípio Ativo	Análise de risco para águas subterrâneas			Princípio Ativo	Análise de risco para águas subterrâneas		
	GUS ¹	EPA ²	Ambos ³		GUS ¹	EPA ²	Ambos ³
Acefato	NC ⁴	PC ⁵	I ⁶	Glifosato	NC	PC	I
Aldicarbe	T ⁷	PC	PC	Lactofem	NC	NC	NC
Atrazina	PC	PC	PC	Lambda-cialotrina	NC	NC	NC
Azoxistrobina	T	PC	PC	Linurom	T	PC	PC
Bentazona	T	PC	PC	Lufenurum	NC	NC	NC
Beta-ciflutrina	NC	NC	NC	Mancozebe	NC	PC	I
Carbendazim	T	PC	PC	Metamidofós	T	PC	PC
Cimoxanil	NC	PC	I	Metamitrona	PC	PC	PC
Cipermetrina	NC	NC	NC	Metomil	T	PC	PC
Ciproconazol	PC	PC	PC	Metribuzim	T	PC	PC
Clorfluazurom	NC	PC	I	Nicosulfurom	PC	PC	PC
Cloridrato de cartap	I	I	I	Novaluron	NC	NC	NC
Clorimurum-etílico	PC	PC	PC	Oxicloreto de cobre	I	I	I
Clorotalonil	NC	NC	NC	Oxifluorfem	NC	NC	NC
Clorpirifós	NC	NC	NC	Picoxistrobina	NC	NC	NC
Endossulfam	NC	NC	NC	Piraclostrobina	NC	PC	I
Epoxiconazol	T	PC	PC	Profenofós	NC	NC	NC
Espinosade	NC	PC	I	Tebuconazol	NC	PC	I
Famoxadona	NC	NC	NC	Teflubenzurom	NC	PC	I
Fluazifope-p-butílico	NC	NC	NC	Tiametoxam	PC	PC	PC
Flutriafol	PC	PC	PC	Tiofanato-metílico	NC	PC	I
Fomesafem	PC	PC	PC	Tiram	NC	NC	NC
Gama-cialotrina	NC	I	I				

Legenda: (1) Análise de acordo com o índice de GUS (*Analysis conformity GUS index*); (2) Análise de acordo com critérios da EPA- Agência de Proteção Ambiental Americana (*Analysis conformity criteria of EPA-Environment Protection Agency*); (3) Análise observando ambos os critérios; (4) NC- Não contaminante em potencial; (5) PC- Potencial contaminante; (6) I – Inconclusivo; (7) T – Faixa de Transição

Considerando o índice de GUS, observa-se que 17,8% dos princípios ativos se apresentam como contaminantes em potencial para águas subterrâneas e 20,0% estão na faixa de transição. A avaliação das propriedades físico-químicas segundo os critérios da EPA revela que 60,0% dos ingredientes ativos são contaminantes em potencial. Em relação aos dois critérios estudados observa-se que 37,8% dos ingredientes (Aldicarbe, Atrazina, Azoxistrobina, Bentazona, Carbendazim, Ciproconazol, Clorimurum-etílico, Epoxiconazol, Flutriafol, Fomesafem, Linurom, Metamidofós, Metamitrona, Metomil, Metribuzim, Nicosulfurom e Tiametoxam) atendem a ambos e, portanto devem ser priorizados em estudos futuros de monitoramento ambiental. Estes princípios ativos devem ser utilizados criteriosamente ou, se possível, substituídos nas práticas agrícolas

realizadas próximas a regiões que apresentem águas subterrâneas. Ainda pela análise da tabela 2, pode-se concluir que 33,3% dos ingredientes (Beta-ciflutrina, Cipermetrina, Clorotalonil, Clorpirifós, Endossulfam, Famoxadona, Fluazifope-p-butílico, Lactofem, Lambda-cialotrina, Lufenurom, Novaluron, Oxifluorfem, Picoxistrobina, Profenofós e Tiram) apresentam-se como não contaminantes para ambos os critérios e, portanto, sua utilização é recomendada nas atividades agrícolas desenvolvidas em regiões contendo águas subterrâneas.

Em virtude do número reduzido de informações disponíveis sobre as propriedades físico-químicas dos ingredientes ativos para países de clima tropical, os valores utilizados neste trabalho foram baseados na literatura internacional, sendo as informações referentes a países de clima temperado. Ainda considerando esta limitação, observa-se uma perfeita consonância entre os resultados fornecidos pela modelagem matemática e os obtidos em condições de laboratório. Na região de estudo ocorre a predominância de Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo [9]. O estudo da percolação de diferentes ingredientes ativos em Latossolos revelou que Clorpirifós, Endossulfam e Lambda-cialotrina permaneceram na camada superior do solo (0-15 cm), não representando, portanto, risco de contaminação para águas subterrâneas, enquanto que Atrazina teve percolação moderada [15].

Para a realização de futuros trabalhos de monitoramento da qualidade de águas subterrâneas da região, os seguintes fatores devem ser considerados: altas temperaturas, índice pluviométrico e época de aplicação dos defensivos agrícolas. As altas temperaturas podem aumentar as taxas de degradação [16] enquanto a alta taxa pluviométrica aumenta o risco de transporte dos princípios ativos. Considerando o índice pluviométrico limite de 250 mm sugerido pela Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA), o valor superior a 1.500 mm observado na região em estudo [17] favorece o transporte dos ingredientes ativos no solo. A ocorrência de chuvas intensas pouco tempo após a aplicação dos defensivos agrícolas também representa um fator favorável ao transporte dos mesmos [10].

4. CONCLUSÕES

A possibilidade de contaminação ambiental na área agrícola dos municípios do PADAP deve ser considerada uma vez que 37,8% (Aldicarbe, Atrazina, Azoxistrobina, Bentazona, Carbendazim, Ciproconazol, Clorimurom-etílico, Epoxiconazol, Flutriafol,

Fomesafem, Linurom, Metamidofós, Metamitrona, Metomil, Metribuzim, Nicosulfurom e Tiametoxam) dos ingredientes ativos utilizados na região se apresentam como contaminantes em potencial de águas subterrâneas segundo os critérios da EPA e GUS. Esse resultado enfatiza a necessidade da implementação de um programa de monitoramento ambiental na região priorizando tais ingredientes ativos.

Recomenda-se que os produtos formulados contendo os ingredientes supracitados sejam utilizados criteriosamente ou, se possível, evitados em regiões agrícolas próximas as áreas que apresentem águas subterrâneas. Por outro lado, o emprego de defensivos agrícolas contendo Beta-ciflutrina, Cipermetrina, Clorotalonil, Clorpirifós, Endossulfam, Famoxadona, Fluazifope-p-butílico, Lactofem, Lambda-cialotrina, Lufenurom, Novaluron, Oxifluorfem, Picoxistrobina, Profenofós e Tiram é recomendado uma vez que estes se apresentam como não contaminantes em relação aos critérios estudados.

A realização deste estudo representou o marco inicial na caracterização ambiental da área agrícola dos municípios do PADAP e região. Espera-se que os resultados obtidos possam ser utilizados para nortear a elaboração e o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa que venham assegurar a sustentabilidade e contribuir para a preservação do equilíbrio ambiental e da qualidade de vida da população.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, L.L. O papel do estado no processo de ocupação das áreas de cerrado. ***Caminhos de Geografia***: 1, 2, 24-36, 2000.
- [2] **IBGE cidades**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesat/>. Acesso em 02 de jan. 2009.
- [3] BAIRD, C. **Química ambiental**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 2 ed. 2002.
- [4] _____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2005. Belo Horizonte: **IGAM**, 2006. 171 p. Disponível em: <http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>. Acesso: 23 de abril de 2008.

- [5] _____. Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2005. Belo Horizonte: **IGAM**, 2006a. 167 p. Disponível em: <http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>. Acesso: 23 de abril de 2008.
- [6] EUZÉBIO, K.M.; SOUSA, D.D.P.; GOULART, A.T. Absorção de metais pesados por vegetais ocorrentes às margens do rio Paranaíba-MG. In: **XX Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química**, São João Del Rei – MG, 3 a 5 de novembro de 2006.
- [7] SOUSA, D.D.P.; EUZÉBIO, K.M.; GOULART, A.T. Estudo da ocorrência de metais pesados no rio Paranaíba por meio de análises químicas de sua fauna aquática. In: **XX Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química**, São João Del Rei – MG, 3 a 5 de novembro de 2006.
- [8] **AGROFIT** - Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 08, 09 e 10 dez. 2008.
- [9] MOTTA, P. E. F; BARUQUI, A. M; SANTOS, H, G. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2004. ISSN 1678-0892
- [10] DORES, E. F. G. C; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do Ambiente Aquático por Pesticidas. Estudo de Caso: Águas Usadas para Consumo Humano em primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. **Quim. Nova**, Vol. 24, No 1, 27-36, 2001
- [11] **FOOTPRINT**: Creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe Sítio desenvolvido pela University of Hertfordshire. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>. Acesso em 12 e 13 de fev. 2009.
- [12] 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). **Pesticidas R.Ecotoxicol. e Meio Ambiente**. Curitiba, v. 11, p. 1-16, 2001
- [13] EXTTOXNET- Extension Toxicology Network. Pesticides active ingredient profiles. Disponível em: <http://exttoxnet.orst.edu/pips/ghindex.html> Acesso em 11,12 e 13 de fev. 2009.
- [14] PESSOA, M.C.P.Y; FERRACINI, V.L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. Software AGROSCORE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de

Agrotóxicos. In: **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 26**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2004. ISSN 1516-4675

[15] LAABS, V., AMELUNG, W., PINTO, A. A., ALTSTAEDT, A., ZECH., W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados.

Chemosphere, 41: 1441-1449, 2000.

[16] CASTILLO, L. E.; DE LA CRUZ, E.; RUEPERT, C. Ecotoxicology and pesticides in tropical aquatic ecosystems of Central America. **Environ. Toxic. Chem.** 1997, 16, 41.

[17] MELLO, C. R.; CAROLINO DE SÁ, M. A.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; DA SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesq. agropec. Bras.** Brasília. v.42, n.4, 2007. ISSN 0100-204X