



14 a 16 de agosto de 2019 – São Carlos – SP

## **ANAIS**

**IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL**

**Editores**

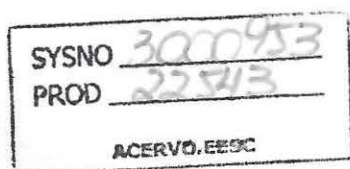
**Orencio Monje Vilar**

**Fernando Henrique Martins Portelinha**

**São Carlos**

**EESC**

**2019**



## Promoção



## Organização



**EESC • USP**  
Dep. de Geotecnia



Dep. Engenharia Civil  
Univ. Federal de São Carlos

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Atendimento ao Usuário  
do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

C749a.9  
2019

Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (9. : 2019 : São Carlos)  
Anais [do] 9º congresso brasileiro de geotecnia ambiental / Editor: Orencio Monje Vilar, Fernando Henrique Martins Portelinha. -- São Carlos : EESC-USP, 2019.  
[973] p.  
ISBN 978-85-8023-080-2

1. Geotecnia ambiental - eventos. 2. Transporte de poluentes. 3. Investigação geoambiental. 4. Rejeitos e resíduos. 5. Áreas degradadas. I. Vilar, Orencio Monje. II. Portelinha, Fernando Henrique Martins. III. Título.

Elena Luzia Palloni Gonçalves – CRB 8/4464

## Transporte do herbicida atrazina em diferentes solos brasileiros

Aline Gomes Zaffani

Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, alinegz@sc.usp.br

Caio Moralez de Figueiredo

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, caiomoralezf@gmail.com

Jamil Alexandre Ayache Anache

Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, jamil.anache@usp.br

Edson C. Wendland

Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, ew@sc.usp.br

Silvio Crestana

Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, silvio.crestana@embrapa.br

**RESUMO:** No controle de pragas agrícola, os herbicidas são os compostos mais comercializados no Brasil. A atrazina é um dos mais vendidos devido à sua aplicação em cultivos de cana-de-açúcar, milho e sorgo. A molécula apresenta baixo poder de sorção, ficando desta forma, disponível para o transporte. O potencial de transporte somado ao destaque nas vendas, reforçam a necessidade de compreensão do comportamento do herbicida no ambiente, principalmente em solos tropicais, para os quais não temos muitas informações. O presente trabalho apresenta uma comparação de resultados sobre o transporte de atrazina através do escoamento superficial em parcelas experimentais com dois tipos de solo (arenoso e argiloso) e três tipos de cobertura do solo (solo exposto, cana-de-açúcar e milho). Os dados apontam principalmente para a influência da cobertura do solo na qualidade do escoamento, uma vez que após o primeiro evento de chuva (com mesmo volume de precipitação) as parcelas de solo exposto apresentaram concentrações de atrazina 15 e 6 vezes mais elevadas que as parcelas de cana e milho, respectivamente. Ao compararmos as parcelas de milho ( argiloso) com as parcelas de cana (arenoso) vemos que da primeira para a segunda chuva a redução no milho é de 62% enquanto na cana é de 38%. Após 3 meses de aplicação do herbicida ainda é possível identificar atrazina na enxurrada das parcelas de todos os usos, indicando a elevada persistência e mobilidade da atrazina e a necessidade de estudos que permitam a compreensão dos mecanismos de transporte para permitir a adoção de medidas de minimização.

**PALAVRAS-CHAVE:** transporte de poluentes, escoamento, solo tropical, atrazina

**ABSTRACT:** Herbicides are the most sold compounds in Brazil to prevent plagues in agriculture. Due to its use to grow corn, sugarcane and sorghum, atrazine is one of the most consumed. Atrazine molecule presents low adsorption and this way still available for transportation. Under this scenario of high sales and high contamination potential, it is important to comprehend the behavior of this compound at the environment, specially in tropical soils, where there is a lack of information. This paper present a comparison for atrazine transportation in runoff under experimental plots with different soil types (sandy and clay) and three coverages (bare soil, corn, and sugarcane). The results point out for the great influence of coverage in runoff quality, once after the first rainfall event (with similar volumes of precipitation) bare soil plots showed concentrations 15 and 6 times higher than sugarcane and corn plots, respectively. If we compared corn plots (clay soil) with sugarcane plots (sandy soil) it is possible to notice that from the first to the second rainfall there is a decrease of 62% in corn plots, while in sugarcane the decrease is 38%. Three months after the

application of atrazine still possible to measure the compound in runoff of all the coverages, indicating the high persistency and mobility of atrazine in both soils. Also indicates the need more studies that can address the factors that can be driving the herbicides transportation so we can minimize its impacts.

**KEY WORDS:** transport of pollutants, runoff, tropical soil, atrazine

## 1 INTRODUÇÃO

De toda área cultivada do território brasileiro, 85% são de monocultura de soja, milho, cana e pasto (Chã, 2016). Esse modelo de monocultura intensifica o surgimento de pragas e ervas daninhas, sendo a principal justificativa para o uso intenso de agrotóxicos (Bombardi, 2016). Devido à sua extensão e importância agrícola, desde 2008, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo (Parente, 2018). Grande parte desse consumo se deve ao crescimento do setor sucroenergético. Em 2014, 22,4% do solo rural brasileiro era de plantio de cana-de-açúcar (Armas, et al., 2005).

Um dos agrotóxicos mais utilizados no combate a plantas daninhas que infestam espontaneamente áreas de plantio, é o herbicida atrazina, comumente aplicado em cultivos de milho, cana de açúcar e sorgo (Quintanilla, 1991). Por esse motivo, ela ocupa o sétimo lugar no ranking de vendas de herbicidas no país (IBAMA, 2014).

O destaque da atrazina na comercialização e aplicação nos cultivos desperta, já há alguns anos, a preocupação com seu transporte e potencial de contaminação dos seres vivos e recursos como solo e água. Por apresentar baixa sorção, há um risco maior para o transporte, seja por escoamento ou lixiviação, podendo alcançar fontes de água superficiais ou subterrâneas. Diversos estudos (Armas, et al., 2005; Botelho, 2013; Martins, 2014) já identificaram a presença da atrazina em rios do Estado de São Paulo. Com relação aos efeitos, trabalhos conduzidos nas Américas do Norte e Sul, Europa e Japão mostraram que a exposição à atrazina pode causar sérios problemas reprodutivos em anfíbios, peixes, répteis e mamíferos (Hayes et al., 2011). Em mamíferos, a presença da substância durante a gestação pode causar alterações fetais como a redução da dopamina fetal (Li et al., 2014). Após o

nascimento, pode causar atraso da instalação da puberdade (Davis et al., 2011). Devido à dados como esses alguns países da Europa já baniram esse herbicida, mas no Brasil, Estados Unidos e Índia ele continua sendo utilizado. No Brasil há o agravante de não termos informações sobre o comportamento deste e de outros compostos em solos tropicais Laabs et al., 2000; Langenbach et al., 2008), para auxiliar a tomada de decisões que minimizem a chegada e a permanência da atrazina no ambiente.

Este trabalho tem como objetivo comparar o transporte da atrazina através do escoamento em solo arenoso e em solo solo argiloso no interior de São Paulo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de estudo

Os dados apresentado neste trabalho envolvem dois projetos experimentais com parcelas de solo monitoradas para coleta de água de enxurrada após chuvas naturais. O primeiro desenvolvido no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em Pindorama/SP e o segundo no Instituto Arruda Botelho (IAB), em Itirapina/SP. No IAC, onde o solo é argiloso foram construídas quatro parcelas, duas com cultivo de milho e duas com solo exposto. As parcelas têm dimensões de 3x10m e receberam aplicação de atrazina de 6L/ha em Março de 1993 e Março de 1994. No IAB, a área apresenta neossolo quartzarênico (82% de areia) e são monitoradas parcelas em triplicata com solo exposto e com cana-de-açúcar. Todas elas receberam dose de atrazina de 5L/ha em Fevereiro de 2018.

### 2.2 Coleta de solo e teste de sorção

Para os testes de sorção foram coletadas amostras dentro das parcelas, antes da aplicação de atrazina, em diferentes pontos. Essas amostras foram misturadas para obtenção de uma amostra única, composta, em cada parcela. O solo foi obtido na profundidade de 0 - 30 cm, seco em estufa por 24h a 105°C e peneirado para remover frações maiores que 2mm. Em tubos falcon as amostras foram misturadas com soluções de CaCl<sub>2</sub> 0,01M e agitadas por 24h. Os tubos receberam solução de atrazina e a amostra voltou para mesa agitadora por 24h (tempo de equilíbrio). Após esse período a amostra foi centrifugada a 2200 rpm por 10 minutos e a fração líquida foi filtrada em PTFE de 0.45µm para posterior injeção no HPLC.

O coeficiente de partição K<sub>d</sub> é calculado pela equação (1) e o coeficiente K<sub>oc</sub> que relaciona a partição à quantidade de matéria orgânica na amostra é dado pela equação (2).

$$K_d = \frac{[C]_{\text{fase sólida}}}{[C]_{\text{fase líquida}}} \quad (1)$$

$$K_{oc} = K_d \times 100(\%MO) \quad (2)$$

Onde [C]<sub>fase sólida</sub> é a concentração de atrazina adsorvida ao solo no tempo de equilíbrio, em µg.g<sup>-1</sup>. [C]<sub>fase líquida</sub> é a concentração de atrazina na solução do solo no tempo de equilíbrio, em µg.cm<sup>3</sup>. MO é a porcentagem de matéria orgânica na amostra, em g.g<sup>-1</sup>.

### 2.3 Coleta e análise das amostras

Após os eventos de chuva natural, coletou-se 1 L de água de enxurrada de cada parcela. essas amostras foram refrigeradas e receberam 1 mL de metanol para encerrar possíveis atividades biológicas que pudessem degradar a atrazina. A primeira etapa de análise consistiu na filtração da amostra, utilizando membrana de acetado de celulose com porosidade de 0,45 µm, posteriormente, extraiu-se a atrazina por uma extração de fase sólida com cartuchos Discovery® PK30 DSC-18. Após a passagem da amostra pelo cartucho o mesmo foi eluído com 10 mL de metanol. A amostra então foi seca e reconstituída em 1 mL de metanol para

análise com cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) com coluna C-18 associada a um detector UV-VIS. Foi utilizado como fase móvel 70% metanol grau HPLC e 30% água Milli-Q® sob fluxo de 1 mL/min. A coluna foi mantida a temperatura de 30 °C e o tempo de corrida foi de 5 minutos, sendo que o tempo de retenção da atrazina era de 3,6 minutos. O comprimento de onda analisado foi 222,2 nm.

As amostras do IAC passaram pelos mesmos procedimentos de filtração e extração em fase sólida, mas foram analisadas por cromatografia gasosa (GC) usando um detector termoiônico específico a N e P nas seguintes condições: coluna de sílica fundida de 12 cm x 530 µm, 50% fenil metil silicone. Temperatura da coluna 160°C, temperatura do injetor 200°C, temperatura do detector 220°C, fluxo de N<sub>2</sub> 12 mL/min, make up 30 ml/min, fluxo de H<sub>2</sub> 3 ml/min, fluxo de ar 120 ml/min, sinal 28 pA.

## 3 RESULTADOS

A caracterização dos solos das áreas de estudo em laboratório é apresentada na Tabela 1 com resultados para o coeficiente de distribuição (K<sub>d</sub>) que se refere a relação de atrazina, nas fases aquosa e sólida durante teste realizado sob condições controladas, após o equilíbrio; e o K<sub>oc</sub>, coeficiente de partição considerando a presença da matéria orgânica.

Tabela 1. Parâmetros do comportamento da atrazina nos solos das áreas de estudo.

	K <sub>d</sub> (L/Kg)	K <sub>oc</sub> (L/Kg)
IAB-cana	1.87	64.27
IAB-solo exposto	1.55	60.12
IAC	5.6	357.00

Na parte experimental de campo as coletas realizadas no instituto IAC ocorreram entre 7 de abril a 23 de julho de 1994, enquanto no IAB foram de 28 de fevereiro a 25 de maio



de 2017, ambas dentro do mesmo regime chuvoso. A primeira chuva nas áreas de estudo após a aplicação da atrazina foram de 29mm e 29,5mm, respectivamente.

A Tabela 2 mostra a concentração de atrazina encontrada nas águas de enxurrada em cada evento de precipitação. As concentrações para as parcelas do IAC estão como uma média obtida nos dois anos de estudo (1993 e 1994).

Tabela 2. Concentração de atrazina obtida nas águas de enxurrada após eventos de chuva.

Coleta	Parcelas IAC		Parcelas IAB	
	Milho(ppm)	Solo exposto (ppm)	Cana (ppm)	Solo Exposto (ppm)
1	61,2	130,67	37,12	555,63
2	33,8	39,31	22,75	6,26
3	0,01	2,2	4,85	3,76
4	0	1,1	-	0,93

#### 4 DISCUSSÃO

Com relação aos parâmetros de caracterização dos solos envolvidos nos experimentos, é possível observar uma diferença significativa nos valores de Kd e Koc no solo do IAC e no solo do IAB. No IAC o solo argiloso apresenta valores mais elevados de sorção e de matéria orgânica, assim o valor de Kd chega a ser quase quatro vezes maior que o Kd no solo arenoso do IAB. Comparando as coberturas no solo arenoso do IAB, apesar de não ser tão expressiva, há uma diferença entre a cana e o solo exposto. O valor do Koc, maior na cana, confirma a influência desse fator na sorção de atrazina.

Aquino et al. (2013) em estudo comparativo, encontraram Kd 2,45 l.kg<sup>-1</sup> para Argissolo Vermelho-Amarelo e 6,09 l.kg<sup>-1</sup> para Gleissolo Melânico (arenoso). Nesse caso, é interessante observar que apesar de ambos os solos apresentarem quantidade de argila (435 e 415 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e Koc (155 e 150 l.kg<sup>-1</sup>, respectivamente) semelhantes, a quantidade de carbono orgânico no Gleissolo é

2.6 vezes maior, interferindo na sorção da atrazina e elevando o Kd para esse solo arenoso.

Barriuso et al. (1992) avaliaram a sorção de atrazina e outros pesticidas em área com Latossolo Vermelho Escuro (mais de 60% de argila) sob vegetação natural, soja e cana com variação na quantidade de anos de cultivo, variando de 12 a 56 anos. Os testes realizados com solo de diferentes profundidades mostram baixos Kd, entre 0,68 e 2,78 l.kg<sup>-1</sup>. É possível ver diferença entre a primeira camada (0-10cm) e as demais devido a maior concentração de matéria orgânica nessa faixa, mas ainda assim os valores variam na faixa mencionada.

Com relação à solos arenosos, não há muitos trabalhos publicados para região tropical. Correia et al. (2007) avaliaram a sorção e o transporte de atrazina em um Argissolo Vermelho-Amarelo de Minas Gerais, com 66% de areia. Obtiveram para os testes de sorção um Kd de 1,28 l.kg<sup>-1</sup> e Koc 80 mg.g<sup>-1</sup>. Arantes et al. (2006) conduziram um estudo na sub-bacia do Alto Rio Grande, MG, e avaliaram a sorção de atrazina em 6 tipos de solos característicos dessa região. Um dos solos era o Neossolo Fúlvico, arenoso, que apresentou um Kd de 1,34 l.kg<sup>-1</sup> e Koc de 67 l.kg<sup>-1</sup>, semelhantes aos dados obtidos neste trabalho para o Neossolo quartzarênico. Para os solos mais argilosos como o Latossolo Vermelho encontraram Kd de 5,96 l.kg<sup>-1</sup> e Koc de 225 l.kg<sup>-1</sup>, semelhantes aos coeficientes obtidos no IAC.

No experimento de campo, ao comparar os dados obtidos nas parcelas IAB com os dados obtidos nas coletas no IAC pode-se observar que com um volume muito similar de precipitação antes da primeira coleta (29mm e 29,6mm, respectivamente) as parcelas com cobertura de cana apresentaram os menores valores (média 37,1 ppm) de atrazina no escoamento quando comparadas a parcelas de milho (média 61,2 ppm). Essa diferença pode estar associada à cobertura do solo pela palhada da cana, no IAB. Nas parcelas de solo exposto vemos valores extremamente altos, 130 ppm na parcela do IAC e 555 ppm na parcela do IAB, evidenciando o papel da cobertura do solo e da presença de matéria orgânica na redução do composto transportado pelo escoamento da da

água de enxurrada. Klaine et al. (1988), Bertoni and Lombardi-Neto (1993), Runes et al. (2003) e Correia et al. (2007) relatam o impacto das chuvas intensas e da primeira chuva após a aplicação de defensivos nas áreas agrícolas como sendo uma das maiores fontes de poluição nessas áreas. Correia et al. (op cit) recuperaram do escoamento 2,1% da atrazina quando a chuva ocorreu 2 dias após a aplicação. No entanto, com a chuva simulada 15 dias após a aplicação, a recuperação no escoamento diminuiu 10 vezes. Esses dados chamam a atenção para o manejo dos cultivos no que se refere à época de aplicação dos defensivos, que normalmente tem início em Outubro de cada ano, quando também tem início a temporada de chuvas de verão, no Brasil. Esses eventos intensos de chuvas aumentam o risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas de forma muito significativa.

Na segunda coleta podemos notar que nas parcelas com coberturas de milho e cana as concentrações representam 55% e 61% (redução de 45% e 39%) da concentração na primeira chuva, mas ainda permanecem elevadas. Nas parcelas de solo exposto, tanto no IAB quanto no IAC é possível notar que a maior perda do produto ocorreu na primeira chuva.

O valor tão elevado no solo exposto do IAB na primeira coleta (555 ppm) foi verificado em duas das 3 parcelas experimentais e comparativamente com o solo exposto do IAC, onde o solo é argiloso, é esperado que apresentasse uma concentração maior, visto que a menor quantidade de argila e de matéria orgânica deixam o herbicida disponível para transporte. Assim, quase 99% da atrazina na parcela de solo exposto foi perdida com a primeira chuva, reafirmando a importância de uma cobertura vegetal, que diminui drasticamente o escoamento da atrazina na enxurrada.

Comparando as coberturas entre os mesmos tipos de solo a influência da proteção do solo e da presença de matéria orgânica também fica evidenciada, uma vez que as concentrações de atrazina na enxurrada no solo exposto são, no mínimo, o dobro daquelas observadas nas parcelas com cultivo.

Após 3 meses do dia de aplicação do herbicida ainda é possível identificar atrazina na enxurrada das parcelas de todos os usos, indicando a persistência e mobilidade da atrazina e a necessidade de estudos mais longos que permitam a compreensão dos mecanismos e fatores que influenciam no seu transporte.

Considerando a identificação de atrazina e outros compostos em águas superficiais e subterrâneas, considerando os efeitos que baixas concentrações de pesticidas podem causar nos ambientes aquáticos e sabendo do grande consumo desses produtos nas áreas agrícolas no Brasil e no mundo, é necessária a adoção de medidas que possam diminuir a chegada desses compostos nos cursos d'água. As zonas ripárias, que, por legislação, devem ser mantidas em todos os cursos superficiais exercem a função de filtro para as águas de escoamento, podendo diminuir a concentração dos pesticidas no ambiente aquático. Matos et al. (2003) avaliaram a influência de zonas ripárias na retenção de atrazina proveniente do escoamento de silvicultura e identificaram que com 10 m de comprimento, o horizonte O da zona ripária conseguiu reduzir 25% da atrazina. Mais uma vez a influência da matéria orgânica na retenção de atrazina foi destacada, uma vez que com a remoção do horizonte O a retenção de atrazina no escoamento foi de 19%. Nesse caso, não apenas a matéria orgânica em si, mas o fato de que a presença desse horizonte reduz o fluxo de água e dá mais tempo para que a adsorção aconteça.

## 5. CONCLUSÃO

Os dados experimentais apresentados neste trabalho mostram a diferença no potencial de sorção da atrazina no solo, dependendo da quantidade de argila e areia e matéria orgânica. Esses resultados são corroborados por outros estudos que avaliaram solos com características semelhantes.

Os trabalhos confirmam o baixo poder de sorção da atrazina, deixando-a mais disponível para ser transportada pelo escoamento ou lixiviação, indicando a necessidade de melhores práticas agrícolas para diminuir a contaminação dos recursos solo e água.



O escoamento tem papel muito significativo no transporte de pesticidas, principalmente se os compostos forem aplicados na estação chuvosa, como acontece no Brasil.

Estudos acoplados de escoamento e lixiviação são importantes para fornecer dados empíricos do potencial de contaminação pelo herbicida em estudo e os demais também.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e FAPESP (FAPESP Nº 2015/03806-1) pelo apoio concedido através de bolsas de estudo e financiamento de pesquisas.

#### REFERÊNCIAS

- Arantes, S.A.C.M., Lima, J.M., Nóbrega, J.C.A., Guilherme, L.R.G., Julião, L.G.F., Jesus, E.A. (2006) *Sorção da atrazina em solos representativos da sub-bacia do Rio das Mortes, MG*. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v.16, n.0, p.101-110.
- Aquino, R.F., Lima, J.M., Magalhães, C.A.S., Silva, B.M., Carvalho, R.F., Guilherme, L.R.G. (2013) *Atrazine in a corn cultivated area and its relation with the landscape position*. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 37, n. 5, p. 389-396.
- Armas, E. D.; Monteiro, R.T.R., Amâncio, A.V., Correa, R.M.L., Guercio, M.A. (2005) *Uso de agrotóxicos em cana de açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica*. Química Nova, v. 28, n.6, p. 975-982.
- Barriuso, E., Fellerb, Ch., Calvet, R., Cenic, C. (1992) *Sorption of atrazine, terbutryn and 2,4-D herbicides in two Brazilian Oxisols*. Geoderma. v. 53; 155-167.
- Bertoni, J., Lombardi-Neto, F. (1993) *Fatores que influem na erosão*. In: Conservação do Solo. 3a Edição. Ed. Icone, p. 45-67.
- Bombardi, L. M. (2016) *Pequeno ensaio cartográfico sobre uso de agrotóxico no Brasil*. Laboratório de Geografia Agrária, USP, São Paulo.
- Botelho, R. G. (2013) *Avaliação da qualidade de água do rio Piracicaba e efeito da vinhaça para organismos aquáticos antes e após correção do pH*. Tese (Doutorado em Ciências)-USP, São Paulo.
- Chã, A. M. J. (2016) *Agronegócio e indústria cultural: estratégia das empresas para a construção de hegemonia*. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas e Relações Internacionais)-UNESP, São Paulo.
- Correia, F.V., Macrae A., Guilherme, L. R. G., Langenbach, T. (2007) *Atrazine sorption and fate in a Ultisol from humid tropical Brazil*. Chemosphere, Oxford, v.67, n.5, p.847-854.
- Davis, L. K., Murr A. S., Best D. S., Fraites, M. J., Zorrilla, L. M., Narotsky, M. G., Stoker, T. E., Goldman, J. M.; Cooper, R. L. (2011) *The effects of prenatal exposure to atrazine on pubertal and postnatal reproductive indices in the female rat*. Reprod Toxicol, v.32. p.43-51.
- Hayes, T. B., Anderson LL, Beasley VR, de Solla SR, Iguchi T, Ingraham H, Kestemont P, Kniewald J, Kniewald Z, Langlois VS, Luque EH, McCoy KA, Muñoz-de-Toro M, Oka T, Oliveira CA, Orton F, Ruby S, Suzawa M, Tavera-Mendoza LE, Trudeau VL, Victor-Costa AB, Willingham E. (2011) *Demasculinization and feminization of male gonads by atrazine: Consistent effects across vertebrate classes*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, Endocrine Disruptors. v. 127, p. 64-73.
- IBAMA. (2014) *Relatório sobre Agrotóxicos*. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em 31 de Agosto de 2017.
- Klaine, S. J., Hinman, M. L., Winkelmann, D. A., Sauer, K. R., Martin, J. R., Moore, L. W., (1988) *Characterization of agricultural non-point pollution: pesticide migration in a west Tennessee watershed*. Environ. Toxicol. Chem. 7, 609-614.
- Laabs, V., Amelung, W., Pinto, A., Altstaedt, A., Zech, W. (2000) *Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados*. Chemosphere, v. 41, n. 9, p. 1441-1449.
- Langenbach, T., Correia FV, Macrae A, Vargas EA Jr, Campos TM. (2008) *Atrazine leaching through surface and subsurface of a tropical Oxisol*. Journal of Environmental Science and Health, Part B, v. 43, n. 3, p.214-218.
- Li, Y., Sun, Y., Yang, J., Wu, Y., Yu, J., Li, B. (2014) *Age-dependent dopaminergic dysfunction following fetal exposure to atrazine in SD rats*. Environ Toxicol Pharmacol. V.37(3), 2014, p.1275-82.
- Martins, C. X., Salvador, P.M., Jesus, J.D., Ferreira, L.F.R., Américo, J.H.P., Torres, N.H. (2014) *Análise de atrazina em amostras de água e solo por cromatografia gasosa (GC-ECD)*. Bioenergia em revista: Diálogos, v.4, n.1, p.11.
- Matos, A.T., Pinho, A.P., Costa, L.M., Morris, L.A. (2008) *STREAMSIDE MANAGEMENT ZONE (SMZ) EFFICIENCY IN HERBICIDE RETENTION FROM SIMULATED SURFACE FLOW*. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 131-142.
- Parente, T. C. (2018) *Intensificação do uso de agroquímicos no setor sucroenergético, destacando o transporte de atrazina e nutrientes por escoamento superficial*. Dissertação (Mestrado em Geografia)-UNICAMP, Campinas, p.
- Quintanilla, F. C., Torres, G. L. (1991) *Fundamentos de malas hierbas y herbicidas*. Ediciones mundiprensa, Madrid, v.120, p. 27.
- Runes, H.B., Jenkins, J.J., Moore, J.A., Bottomley, P.J., Wilson, B.D., 2003. *Treatment of atrazine in nursery irrigation runoff by a constructed wetland*. Water Res. 37, 539-550.