

Dinâmica da atrazina no solo do Cerrado: Influência da matéria orgânica na sorção e mineralização

Alan Dumont Clemente⁽¹⁾; Luís Fernando Martins Ribeiro⁽²⁾; Geraldo Resende Boaventura⁽³⁾; Eliane de Paula Clemente⁽⁴⁾

(1) Professor Efetivo (DE), Instituto Federal de Goiás, Luziânia, GO, Rua São Bartolomeu, s/n, Vila Esperança, CEP 72811-580; e-mail: mscaln@gmail.com; (2) Professor Adjunto, Geotecnia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/Faculdade de Tecnologia; Universidade de Brasília (UNB), Brasília, DF, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70910-9000; e-mail: lmartins@unb.br; (3) Professor Adjunto, Laboratório de Geoquímica; Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, ICC Centro – Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP 70910-9000, email: grbunb@unb.br; (4) Pesquisadora (apresentadora), Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ, Rua Jardim Botânico, 1024 CEP 22.460-000, e-mail: eliane@cnps.embrapa.br

Apoio: CAPES

RESUMO: A atrazina, um herbicida seletivo recomendado para o controle de plantas daninhas principalmente na cultura do milho, é um dos mais utilizados no Brasil. Devido ao seu uso expressivo, tem sido frequentemente detectada em concentrações acima do limite máximo permitido em amostras de água e solo. Assim, objetivando avaliar o potencial contaminante deste herbicida, este trabalho visa estudar as diferentes interações da atrazina com o solo natural oriundo de uma região de monocultura de milho localizada no município de Rio Paranaíba (MG). O estudo proposto constou da avaliação da degradação da atrazina em solos com diferentes históricos de aplicação do herbicida e da avaliação da sorção da atrazina e de seus principais metabólitos no solo com e sem aplicação de matéria orgânica e correção de pH. Foram realizados ensaios de caracterização geotécnica, análises químicas e difração de raios-X. Para a avaliação do comportamento deste herbicida no solo, foram realizados ensaios de fluxo, utilizando ensaios de coluna em laboratório e coleta de amostras em diferentes profundidades no campo. Com os resultados obtidos foi possível verificar o processo de degradação da atrazina em diferentes condições físicas e químicas do solo condicionado principalmente ao histórico da sua aplicação no campo.

Palavras-chave: contaminação; metais pesados; agrotóxicos

INTRODUÇÃO

As práticas de manejo agrícola estão intimamente relacionadas com a alta produtividade agrícola e conservação dos recursos naturais. A

partir da década de 60, com o objetivo principal de tornar o solo do cerrado propício para a agricultura, foram introduzidos novos sistemas de manejo do solo. Além de buscar uma maior fertilidade dos solos do cerrado, novas tecnologias foram aplicadas tanto para o sistema de plantio, como para o controle de plantas invasoras. A partir deste ponto, o controle manual e mecânico de pragas existentes nas lavouras foram substituídos por aplicações de pesticidas químicos.

Contudo, o uso intenso destes pesticidas, tem sido responsável por diversos efeitos indesejáveis, como a contaminação dos recursos naturais e aos possíveis danos à saúde humana e animal, despertando o interesse e preocupação de pesquisadores e da população em geral. Segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (Sindag, 2008), do total de agrotóxicos vendidos no país, em torno de 45% pertencem à classe dos herbicidas, sendo a atrazina [2- cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina] um dos praguicidas mais utilizados para o controle de plantas invasoras nas culturas de cana-de-açúcar e, provavelmente, nas de milho e sorgo (Armas et al., 2005).

A atrazina, herbicida pré e pós-emergente, é um dos pesticidas mais utilizados no mercado de agroquímicos. Devido seu intenso uso e relativa persistência no meio ambiente, tem sido frequente a sua detecção em concentrações acima do limite máximo permitido em amostras de água e solo (Graymore et al., 2001). Em função disso, o uso deste herbicida foi sistematicamente eliminado em diversos países (European Commission, 2004), embora ainda seja intensamente utilizado em países como o Brasil (Arraes et al., 2008).



A ocupação agrícola da região do Alto Paranaíba, onde se localiza a área do presente estudo, teve início com o Padap, iniciado em 1973. Esse programa consistiu na instalação de quatro núcleos de colonização em municípios da região. No planejamento do Padap, previa-se a realização de 15 atividades produtivas, no entanto, na sua efetivação, estas se reduziram a quatro, ocorrendo uma acentuada especialização em torno do cultivo da soja, do trigo e do café. O milho, a partir de 1982, começou a ser cultivado devido à elevação do seu preço e à necessidade de rotação de culturas, em decorrência das incidências de doenças e pragas na soja e no trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo refere-se à região do Alto Paranaíba, pertencente à Bacia do Rio Paranaíba-MG. A escolha desta região foi devido à implantação de diferentes planos de ação agrícola e ao histórico de aplicação da atrazina. É importante destacar que a área escolhida para estudo se dedica exclusivamente ao monocultivo sequeiro do milho (Figura 1), estando localizada de acordo com as coordenadas geográficas $19^{\circ}13'20.67''S$ e $46^{\circ}10'54.24''O$. O histórico levantado a respeito da aplicação do herbicida atrazina na área de estudo (Figura 1), refere-se aos últimos cinco anos, mas segundo relatos do proprietário, esta área já vinha sendo utilizada com outras atividades agrícolas, mas sem registros dos insumos utilizados.



Figura 1. Área de estudo localizada na Fazenda Ribeiro II, Rio Paranaíba-MG.

Na seleção dos solos utilizados na pesquisa teve-se a preocupação de avaliar duas regiões distintas com histórico da aplicação de pesticidas, mas com as mesmas características. Deste modo, as amostras de solo foram coletadas em uma área de cultivo com histórico de aplicação de atrazina – SOLO DA LAVOURA e em uma área preservada, sem nenhuma aplicação de atrazina ou atividade

agrícola – SOLO DO CERRADO. Com relação à área com histórico de aplicação de atrazina, vale ressaltar que a mesma destina-se à produção sequeira de milho e o solo vem sendo cultivado sob sistema de semeadura direta sem rotação de culturas desde 2006. A aplicação da atrazina ocorre sistematicamente com o plantio e com aplicações de 4L/ha anuais. Já a área preservada, de acordo com as indicações do proprietário não teve nenhuma interferência direta da atividade agrícola. A utilização destas duas áreas é necessária para o estudo da degradação do herbicida atrazina em solos com diferentes históricos de aplicação do herbicida e como forma de controle da atividade da atrazina. As amostras foram retiradas com pá de corte em triplicatas em camadas de 0-20 cm, 50-70 cm, 100-120 cm, 150-170 cm, 200-220 cm e 250-270 cm de profundidade em poços circulares, de seção transversal, de aproximadamente 120 cm. Posteriormente, as triplicatas foram homogeneamente misturadas para obtenção de uma amostra representativa do local avaliado.

Como metodologia de investigação e visando avaliar o efeito da estação chuvosa na região de estudo, foram previstas coletas de amostras em dois períodos anuais distintos. Uma primeira coleta do solo, anteriormente ao período de chuvas, foi realizada no mês de setembro de 2010 e uma segunda coleta, posterior a estação chuvosa, programada para ser realizada em maio de 2011. Os ensaios de caracterização foram realizados no Laboratório de Geotecnia, da Universidade de Brasília. A metodologia empregada nos ensaios seguiu as especificações constantes nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Antes da realização de cada ensaio, as amostras foram preparadas conforme prescrições da NBR 6457 (ABNT, 1986). A determinação da umidade natural nas diferentes profundidades foi realizada no laboratório de acordo com a norma NBR 6457 (ABNT, 1986), utilizando o método da estufa. A granulometria foi determinada segundo os procedimentos da norma de ensaio NBR 7181 (ABNT, 1984-a), optando-se por realizar o ensaio com e sem o uso de defloculante (hexametáfosfato de sódio) objetivando a análise da estabilidade estrutural das microconcreções. O Limite de Liquidez (w_L) e o Limite de Plasticidade (w_P) seguiram a norma de ensaio NBR 7180 (ABNT, 1984-b) e NBR 6459 (ABNT, 1984-c), respectivamente. Para a classificação dos solos utilizou-se a Norma M-63 referente à descrição e

identificação expedita (táctil-visual) de solos - Metodologia MCT. Este procedimento permite determinar preliminarmente os grupos da classificação geotécnica MCT, especialmente desenvolvida para os solos tropicais, com base em dados relativos a contração e resistência à penetração em corpos de prova (pastilhas) de 20mm de diâmetro e 5mm de espessura.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da empresa CAMPO - Análises Agrícolas e Ambientais, sendo determinados os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), alumínio (Al), fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH em água, pH em KCl, capacidade de troca catiônica (CTC), soma dos cátions trocáveis (valor S), saturação de alumínio (%Al), saturação de bases (%V), óxido de alumínio (Al_2O_3) e óxidos de ferro (Fe_xO_y). A caracterização química dos solos é prática comum na agronomia, portanto os ensaios foram realizados segundo normas da Embrapa (1997). Desta forma os solos foram previamente secos ao ar e passados na peneira N° 10 (2,0 mm), obtendo a TFSA (terra fina seca ao ar).

As análises de difratometria de raios-X foram realizadas no Laboratório de raios-X da Universidade de Brasília, utilizando um difratômetro RIGAKU – D/MAX – 2A/C, operando atualmente com tubo de cobre, com 40 kV, 20 mA, velocidade de varredura de 2° por minuto, no intervalo de 2 a 35°. A partir dos difratogramas, os minerais foram identificados, por meio do software JADE 3.0 da MDI, que dispõem de rotinas de suavização de curva, eliminação de background, procura automática de picos, cálculo da largura a meia-altura, tamanho médio de partículas e pesquisa de possíveis minerais no banco de dados mineralógicos do International Centre for Diffraction Data (ICDD).

O transporte (lixiviação) do herbicida atrazina no solo está em andamento, sendo realizado através de ensaios de coluna de solo (Figura 3); o estudo da mineralização desta molécula está sendo executado através de sua degradação acelerada; o estudo de sua disponibilidade está sendo avaliado a partir adição de matéria orgânica, que no caso do presente trabalho utiliza-se a vinhaça e a palha de milho; e para a avaliação de possíveis contaminações do solo e da água subterrânea por metais pesados contidos nas formulações de insumos agrícolas estão sendo realizadas análises do solo e da água utilizando a espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado – ICP/OES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados já obtidos, foi possível identificar o solo Latossolo Vermelho distrófico típico, com baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade e constituído por argilas inativas, isto é, argilas que apresentam pouca expansão ao serem umedecidas, baixa contração quando secas e baixa reatividade química. As tabelas 1 e 2 mostram os valores de pH, que varia de 5,4 a 6,2, com CTC maior que 4,0 cmolc/dm³ nos primeiros 50 cm, é um solo distrófico com V<50% e teor médio de Al_2O_3 e Fe_xO_y iguais a 33% e 25%, respectivamente. São solos altamente intemperizados, que necessitam de adubação e calagem para serem produtivos. Os solos de Cerrado e da Lavoura apresentaram comportamento semelhante quanto a sua química, com valores pouco superiores na Lavoura, devido este ter sofrido alterações com aplicação de fertilizantes.

Tabela 1. Análises químicas dos solos do Cerrado

Prof. (cm)	pH em KCl	pH em H ₂ O	Umid. (%)	M.O. (daq/kg)	CTC total (cmolc/dm ³)	Sat. de bases (%)	Óxido de Al (%)	Óxidos de Fe (%)	Ac. Pot. (cmolc/dm ³)
0	5.00	5.80	25.33	4.10	8.10	34.20	39.55	22.72	5.30
50	5.20	5.40	29.62	2.70	4.50	5.00	33.36	24.09	4.30
100	5.80	5.60	31.63	1.90	2.80	7.60	34.12	24.73	2.60
150	6.30	5.70	34.78	1.50	2.20	9.60	34.48	25.11	2.00
200	6.50	5.90	37.40	1.30	1.70	14.00	33.18	24.61	1.50
250	6.80	6.20	39.06	1.10	0.70	29.30	34.53	25.71	0.50

Tabela 2. Análises químicas dos solos da Lavoura

Prof. (cm)	pH em KCl	pH em H ₂ O	Umid. (%)	M.O. (daq/kg)	CTC total (cmolc/dm ³)	Sat. de bases (%)	Óxido de Al (%)	Óxido de Fe (%)	Ac. Pot. (cmolc/dm ³)
0	5.6	6.1	29.58	4.6	9.1	49.3	31.51	23.24	4.6
50	5.5	5.8	30.08	2.4	5.2	20.6	33.54	24.55	4.1
100	6.1	5.4	34.32	1.9	2.1	15.3	32.51	24.3	1.8
150	6.5	5.7	37.75	1.3	1.5	21.7	32.16	23.57	1.2
200	6.5	5.7	38.3	1.1	0.7	30.1	33.79	25.02	0.5
250	6.8	5.9	4*91	1.2	0.9	46.3	33.1	25.71	0.5

A caracterização de raios-x (Figura 2) revela a

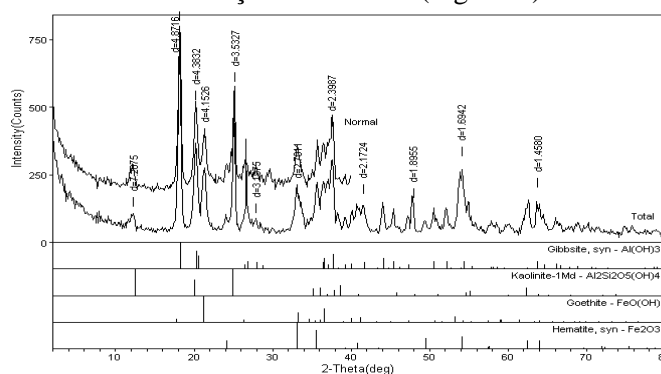


Figura 2. Difratograma de raio-X

O estudo da degradação da atrazina ainda está em fase inicial. Os metabólitos formados estão sendo quantificados a cada 10 dias durante um período de 90 dias. A avaliação da sorção da atrazina e de seus principais metabólitos no solo com e sem aplicação de matéria orgânica e correção de pH da calda de pulverização está sendo realizada através de avaliação de ensaios de fluxo, utilizando ensaios de coluna em laboratório e coleta de amostras em diferentes profundidades no campo, como mostrado no esquema a seguir:

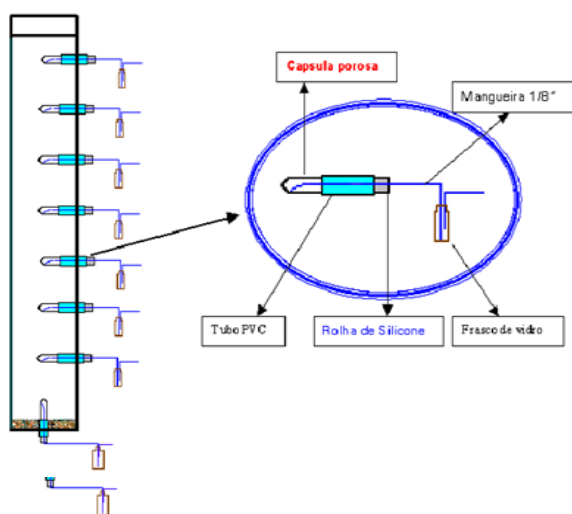


Figura 3. Esquema das colunas de percolação para avaliação da mobilidade da atrazina e de seus metabólitos. (Boeira, 2003)

O trabalho se encontra em fase inicial, tendo somente a caracterização do solo concluída. Espera-se com os resultados obtidos a partir deste trabalho o melhor entendimento do comportamento do herbicida atrazina no solo estudado; avaliar a interferência da aplicação de matéria orgânica (vinhaça e palha de milho) na disponibilidade, lixiviação e degradação deste herbicida; avaliar a interferência da variação no pH da solução de atrazina no comportamento da mesma no solo; avaliar a possível contaminação do solo e da água subterrânea por metais pesados possivelmente presentes nas formulações dos insumos agrícolas aplicados na área de estudo.

CONCLUSÕES

Com os resultados já obtidos é possível a verificação do processo de degradação da atrazina em diferentes condições físicas e químicas do

mesmo, condicionado principalmente ao histórico da sua aplicação no campo.

A partir destes resultados e da caracterização do solo já é possível propor uma indicação dos principais fatores que afetam a sorção do herbicida e de seus principais metabólitos às partículas presentes no solo estudado.

AGRADECIMENTOS

A Universidade federal de Brasília, pelo programa de doutorado e pela CAPES pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1984a) – NBR 7181– Análise Granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 13p.
- ABNT (1984b) – NBR 6459 – Determinação do limite de liquidez. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 6p.
- ABNT(1984c) – NBR 7180– Limite de plasticidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 3p.
- ABNT (1986) – NBR 6457 –Amostra de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 09p.
- 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. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.
- ARRAES, A. A.; ARAÚJO, J. C.; BARRETO, F. M. S. Use of atrazine and groundwater availability in Brazil. In: WORLD WATER CONGRESS, 13., 2008, Montpellier, France. Anais... Montpellier: InternationalWaterResourcesAssociation, 2008.
- EUROPEAN COMISSION - Decision of 10 March 2004, (2004/248/EC), L78/53. Official Journal of the European Union Commission. 16.3.2004.
- GRAYMORE, M.; STAGNITTI, F.; ALLINSON, G. Impacts of atrazine in aquatic ecosystems. Environment International, New York, v. 26, n. 7-8, p. 483-495, 2001.