

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU-SP

**ESTUDO DA LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS UTILIZADOS NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PLANTAS
BIOINDICADORAS**

DIOGO CARNEIRO DE SANTANA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP

Março - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU-SP

**ESTUDO DA LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS UTILIZADOS NA
CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PLANTAS
BIOINDICADORAS**

DIOGO CARNEIRO DE SANTANA

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP

Março - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO DA LIXIVIAÇÃO DE HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA
DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PLANTAS BIOINDICADORAS

ALUNO: DIOGO CARNEIRO DE SANTANA

ORIENTADOR: PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. DAGOBERTO MARTINS



PROF. DR. LUCIANO SOARES DE SOUZA



PROF. DR. MARIO SERGIO TOMAZELA

Data da Realização: 29 de março de 2012.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S232e Santana, Diogo Carneiro de, 1986-
Estudo da lixiviação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar com plantas bioindicadoras / Diogo Carneiro de Santana. - Botucatu : [s.n.], 2012 v, 127 f. : fots. color., gráf. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Dagoberto Martins
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Cana-de-açúcar - Doenças e pragas - Controle. 3. Lixiviação. 4. Herbicidas. 5. Erva daninha - Controle. I. Martins, Dagoberto. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

DEDICATÓRIA

“Este trabalho é dedicado aos meus pais e pessoas ligadas a minha vida, que no período de desenvolvimento deste trabalho me ajudaram com paciência, carinho e compreensão, demonstrando que a superação nos momentos difíceis vale a pena, por estarmos ao lado de quem realmente se importa com nosso sucesso.”

AGRADECIMENTOS

À Deus, que está acima de tudo e em primeiro lugar em minha vida.

À meus pais, ADABERTO DE SANTANA e RAIMUNDA CARNEIRO DE SANTANA, por todo o apoio e ânimo nesta minha caminhada para o crescimento profissional e ao meu irmão CLEVERTON TIAGO CARNEIRO DE SANTANA, por toda ajuda neste desafio, sendo companheiro em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. DAGOBERTO MARTINS, por ter confiado à mim a realização deste trabalho, garantido todo apoio necessário diante de todo decorrer deste estudo.

À toda equipe do NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia), dos quais se encontra GUILHERME SASSO FERREIRA DE SOUZA, HERMESON DOS SANTOS VITORINO, CAIO FERRAZ DE CAMPOS, MURILO VILLAS BOAS BAGATTA e RENATA PEREIRA MARQUES, pela ajuda na condução do experimento, sendo que sem vocês não seria possível a conclusão efetiva deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, pela possibilidade de cursar a Pós-Graduação de Mestre em Agronomia (Agricultura) e a realização da pesquisa de dissertação. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pela bolsa para o fomento da pesquisa científica deste trabalho.

E meus agradecimentos à todos aqueles que de uma forma ou de outra estiveram junto desta minha jornada, amigos e parentes mesmo não estando aqui citados, sabem no íntimo o quanto contribuiram para este trabalho dos quais eu os guardo dentro do meu coração.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1. S-metolachlor.....	11
4.2. Metribuzin.....	13
4.3. Sulfentrazone	14
4.4. Tebuthiuron.....	15
4.5. Considerações do estudo.....	16
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
5.1. Local	19
5.2. Condução do Estudo	20
5.3. Aplicação dos Herbicidas	22
5.4. Parâmetros Avaliados	23
5.5. Delineamento Experimental	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6.1. S-metolachlor.....	25
6.2. Metribuzin.....	45
6.3. Sulfentrazone	65
6.4. Tebuthiuron.....	85
7. CONCLUSÃO	104
8. REFERÊNCIAS	105
9. ANEXOS	116

1. RESUMO

Normalmente, os estudos de lixiviação são comparados dentro de uma condição edafoclimática específica, desta maneira estudar o processo de lixiviação em condições reais de campo vem a ser a forma mais confiável de analisar o comportamento dos herbicidas no solo. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de lixiviação dos herbicidas s-metolachlor, metribuzin, sulfentrazone e tebuthiuron em precipitações pluviométricas naturais, em dois solos com texturas contrastantes, argiloso (Latosolo Vermelho-Amarelo) e médio arenoso (Neossolos Litólicos), em condições de campo através de plantas bioindicadoras. As amostras foram coletadas em colunas de PVC com 30 cm de altura e 15 cm de diâmetro, introduzidas nos dois diferentes solos. As colunas foram retiradas cuidadosamente escavando ao seu redor, mantendo a integridade original do solo durante a coleta das amostras que ocorreu após a aplicação dos herbicidas nas doses recomendadas para cada solo e posterior acúmulo das precipitações estipulada ao ambiente (30-40, 60-80 e 100-120 mm de chuva). As colunas foram separadas com corte longitudinal para a semeadura das espécies bioindicadoras de picão preto (*Bidens pilosa*), capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), pepino (*Cucumis sativu*), alface (*Lactuca sativa*) e sorgo (*Sorghum bicolor*), de maneira que pudessem emergir 25 plantas por espécie nas colunas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 3 x 8 para cada tipo de solo. Os fatores referem-se aos três índices de precipitação acumulada (31, 62 e 114 mm para solo argiloso e 36, 65 e 116 mm para solo médio arenoso) e as 8 camadas de profundidade analisadas no perfil de cada solo (0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-20, 20-25, 25-

30 cm). Após a semeadura, para as avaliações das plantas bioindicadoras nas colunas adotou-se a escala de notas de 0 a 100% de fitotoxicidade, aos 5, 7, 10 e 12 dias após a semeadura (DAS). As resposta das espécies bioindicadora ao residual de cada herbicida utilizado foi variável, porém a utilização do maior número de espécie de plantas bioindicadora permite dados mais confiáveis. A lixiviação dos herbicidas s-metolachlor e metribuzin foi dependente da grande precipitação recebida para os dois tipos de solo estudados (argiloso e média arenoso). A lixiviação dos herbicidas sulfentrazone e tebuthiuron não foi dependente das grande precipitações recebidas para o solo de textura argilosa. Para o solo de textura média arenosa a lixiviação mostrou-se dependente da precipitação recebida. A eficácia da planta bioindicadora depende do tipo de solo, precipitação e do tipo de herbicida utilizado. A metodologia de utilização de plantas bioindicadoras mostrou-se eficiente para avaliação da mobilidade de herbicida no perfil do solo.

Palavras-chave: Mobilidade, s-metolachlor, metribuzin, sulfentrazone, tebuthiuron.

STUDY OF LEACHING OF HERBICIDES USED IN THE CULTURE OF CANE SUGAR WITH BIOINDICATORS. Botucatu, 2012. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DIOGO CARNEIRO DE SANTANA

Adviser: DAGOBERTO MARTINS

2. SUMMARY

Typically, studies of leaching are compared within a specific climate and soil condition, thereby studying the leaching process in real field conditions has to be the most reliable way to analyze the behavior of herbicides in soil. The objective of this study is to evaluate the leaching potential of herbicides s-metolachlor, metribuzin, sulfentrazone and tebuthiuron on natural rainfall, in two soils with contrasting textures, clay (Oxisol) and medium sand (Entisols) under conditions field using bioindicators. Samples were collected in PVC columns with 30 cm high and 15 cm in diameter, introduced in two different soils. The columns were removed carefully mind digging around, keeping the original integrity of the soil during the sampling that occurred after the application of herbicides at recommended doses for each soil and subsequent accumulation of precipitation stipulated to the environment (30-40, 60 - 80 and 100-120 mm of rain). The columns were separated by longitudinal section for the sowing of bioindicators beggarticks (*Bidens pilosa*), grass (*Brachiaria plantaginea*), cucumber (*Cucumis sativu*), lettuce (*Lactuca sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*), so that they could 25 plants per species emerging in the columns. The experimental design was completely randomized with four replications in a factorial 3 x 8 for each soil type. The factors relate to the three indices of rainfall (31, 62 and 114 mm for clay soil and 36, 65 and 116 mm for average sandy soil) and eight layers of depth profile analysis on each floor (0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-20, 20-25, 25-30 cm). After sowing, to evaluate plant bioindicators in columns adopted the scale from 0 to 100% phytotoxicity, 5, 7, 10 and 12 days after sowing

(DAS). The response of bioindicator species to the residual of each herbicide used was variable, but the use of as many species of plants bioindicator allows more reliable data. The leaching of the herbicide metribuzin and s-metolachlor was dependent on the high precipitation received for the two soil types studied (medium loamy and sandy). The leaching of sulfentrazone and tebuthiuron was not dependent on large rainfall received for the clay soil. For the medium-textured sandy soil leaching was dependent on the rainfall received. The effectiveness of the bioindicator depends on the type of soil, precipitation and the type of herbicide used. The method of use of bioindicators proved to be efficient for the evaluation of the mobility of herbicide in the soil profile.

Keywords: Mobility, s-metolachlor, metribuzin, sulfentrazone, tebuthiuron.

3. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) tem exercido papel importante na economia brasileira, em consequência da grande produção alcançada nos últimos anos, colocando o Brasil como líder mundial na agroindústria sucroalcooleira, com um aumento contínuo da área produtiva e da produtividade desta cultura. A previsão de cana moída para safra 2012/13 é de 602,2 milhões de toneladas, com aumento de 5,4% em relação à safra 2011/12, que foi de 571,4 milhões de toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser 30,7 milhões de toneladas a mais que a safra anterior, com uma produção total de açúcar estimada em 38,85 milhões de toneladas e produção de 23,96 bilhões de litros de etanol para safra 2012/13 (CONAB, 2012).

Dentre dos fatores de produção da cana-de-açúcar, as plantas daninhas são um dos principais componentes do agroecossistema desta cultura que interferem no desenvolvimento e na produtividade da mesma (KUYA et al., 2003). Uma vez que, o grau de interferência das plantas daninhas pode ser definido como a redução percentual da produção econômica provocada pela convivência com a comunidade infestante, ligado a fatores da própria cultura, à comunidade infestante, a época e a extensão do período de convivência, podendo ainda ser influenciado pelas condições edafoclimáticas e pelos tratamentos culturais (PITELLI, 1985). Com o intuito de obter-se um controle efetivo das plantas infestantes, o uso de herbicidas aplicados em pré-emergência tem sido muito utilizado na cultura da cana-de-açúcar, pois permite ter maior capacidade de reduzir a interferência negativa imposta pela

presença das plantas daninhas que infestam as áreas cultivadas, que é um dos pontos mais críticos no processo produtivo da cana-de-açúcar (KUYA et al., 2000).

Características importante devem ser considerada na escolha de herbicidas aplicados em pré-emergência, como o tipo de solo e seu teor de matéria orgânica, pois estes herbicidas, devido a sua característica química, quer seja básica, neutra ou ácida, são influenciados pela umidade do solo no processos de sorção (absorção e adsorção) aos colóides do solo (argila e matéria orgânica) uma vez que, quando mais seco o solo, maior a possibilidade de sorção do herbicida, pois a maioria dos herbicidas aplicados em pré-emergência devem ser pulverizados quando o solo estiver com boa umidade (BLANCO, 2003).

Estudo realizado por Passos et al. (2011) demonstram que com a necessidade de aprimorar critérios de uso de herbicidas aplicados em pré-emergentes em razão do potencial de lixiviação no solo, e especificamente na cultura da cana-de-açúcar, deve-se ter ainda mais precaução, visto que há complicações para as diferentes situações de lavoura, como, por exemplo: cana planta de ano, cana-planta de ano e meio, manejo em pós-colheita de soqueiras.

Como o solo é o destino final da maioria dos herbicidas usados no sistema agrícola, esta relação entre solo e os herbicidas é bastante dinâmica, podendo permanecer na solução ou serem lixiviados no perfil solo. No entanto a mobilidade das moléculas dos herbicidas irá depender da quantidade de herbicida adsorvido e do que permaneceu na solução, nos processos de absorção e adsorção. A capacidade de movimentação de um herbicida no solo afeta o destino final destes no ambiente, devido a lixiviação, escoamento superficial e absorção pelas plantas, sendo assim, importante entender-se o comportamento dos herbicidas, sua eficiência sobre as plantas daninhas, seu impacto ambiental e seu destino no agrossistema da cana-de-açúcar, no que diz respeito a sua mobilidade no perfil de diferentes tipos de solos.

Este trabalho teve como objetivo de avaliar o potencial de lixiviação dos herbicidas metribuzin, s-metolachlor, sulfentrazone e tebuthiuron utilizados na cultura da cana-de-açúcar sob diferentes precipitações pluviométricas naturais, em dois solos com texturas contrastantes, através de plantas bioindicadoras.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar por meio de herbicidas é utilizado em grandes áreas de plantio por ser um método rápido, eficiente, seletivo para a cultura e economicamente viável. A eficiência destes herbicidas, especialmente quando aplicados em pré-emergência, depende de ser aplicados em condições edafoclimáticas favoráveis segundo as especificações do produto, de forma que tenha um equipamento de pulverização regulado corretamente e que deve ser aplicado em solos bem preparados evitando áreas sem herbicidas (SILVA et al., 2009).

A atividade biológica de um herbicida na planta ocorre de acordo com uma seqüência de reações até a ação final do produto, caracterizada pelo seu modo de ação, torna-se imprescindível o conhecimento do mecanismo de ação de cada herbicida para trabalhar-se com segurança no rodízio de herbicidas (FERREIRA, et al., 2005), o uso excessivo desses produtos aumenta as preocupações com a contaminação do solo e da água, bem como com seus efeitos sobre os seres humanos e animais (INOUE et al., 2003). Esta preocupação em relação ao impacto dos herbicidas em águas subterrâneas e superficiais, tem levado a necessidade de amplo conhecimento sobre a biodegradação e sorção, um dos fatores mais importantes que influenciam o destino de agroquímicos no ambiente, além de que controlam a quantidade de produtos químicos disponíveis para transporte e degradação (REGITANO et al., 2006).

O conhecimento das moléculas de herbicidas disponíveis no mercado é muito importante no estudo de sua mobilidade no solo, por envolver as principais propriedades

físicas e químicas do herbicida que interage com os aspectos climáticos, edáficos e a cultura, sendo estas propriedades: solubilidade em água (S), pressão de vapor (P), coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), constante de equilíbrio de ionização ácido (pK_a) ou base (pK_b) e a meia-vida ($t_{1/2}$) do produto (OLIVEIRA, 2001; CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

A solubilidade de um herbicida em água pode ser definida como sendo a quantidade de máxima de herbicida que se dissolve em água pura a uma determinada temperatura sendo um parâmetro que afeta o destino e o transporte do herbicida no ambiente. Já a pressão de vapor é a função direta da temperatura na molécula do herbicida, importante para avaliar sua distribuição no ambiente e é usado nos cálculos de volatilização, sendo que uma molécula com elevada pressão de vapor está menos sujeita a contaminar o ambiente do que a com menor pressão de vapor. O coeficiente de partição octanol-água é um parâmetro do destino da molécula orgânica no ambiente, que tem influência no transporte da molécula após sua aplicação ao solo entre o balanço das propriedades hidrofílicas e lipofílicas, representando desta maneira a tendência da molécula do herbicida a particionar-se em uma fase orgânica e uma fase aquosa (OLIVEIRA, 2001).

A constante de equilíbrio de ionização ácido ou base (constante de dissociação) fazem que o herbicida básicos tendam a tornarem-se positivamente carregados (cátions) pelo recebimento de íons de hidrogênio, sendo que se o pH da solução do solo for menor que o pK_b do herbicida, a protonação será maior do que a da forma neutra, fazendo com que o herbicida tenham grandes probabilidades de ficar adsorvido aos componentes do solo e não ser transportado para partes mais profundas; já os herbicida ácidos tendem a tornarem-se negativamente carregados (ânions) doando íons de hidrogênio, sendo que, se o pH da solução solo for maior que o pK_a do herbicida, o herbicida tenderá a ficar na forma aniônica, tendo mais chances de ser transportado livremente através da solução do solo, porém quanto maior for o valor do pK_a do herbicida, mais fraca é a sua força ácida, logo, menor a chance do herbicida ficar aniônico (OLIVEIRA, 2001).

Quanto aos herbicidas neutros, estes permanecem na sua forma molecular em solução, mas estão sujeitos a “polarização temporária” na presença de um campo magnético o qual contribui para adsorção em uma superfície carregada, podendo aumentar com o tamanho da molécula (LAVORENTI, 1996; OLIVEIRA, 2001). A meia-vida de um herbicida varia com o solo e o clima e é extremamente importante para prever o risco

de contaminação de lençóis freáticos, sendo definida como o tempo necessário para que ocorra a dissipação de 50% da quantidade inicial do herbicida aplicado (GUSTAFSON, 1989; SILVA et al. 2007).

As características do solo são importantes na mobilidade do herbicida, uma vez que, o solo é composto de uma fase sólida constituída de componentes orgânicos e inorgânicos, da fase líquida (solução do solo) que é composta pela mistura de água, sais minerais, vários tipos moléculas orgânicas e substâncias húmicas nela dissolvida, e que encontram-se também as moléculas dos herbicidas, as quais estão sujeitas a inúmeras reações e da fase gasosa composta de ar atmosférico. Estas fases influenciam a movimentação de um herbicida no perfil do solo, que ocorre em todas as direções e é dependente da direção do fluxo de água (JAVARONI et al., 1999). Fatores como a estrutura e textura do solo, chuvas tais como quantidade e intensidade são características importantes que afetam o grau de fluxo preferencial e transporte de moléculas no solo (MERDUN, 2004). Entre as formas de mobilidade do herbicida tem-se o escoamento superficial que favorece a contaminação das águas superficiais, com o herbicida sendo carregados adsorvidos às partículas do solo erodido ou na solução (SPADOTTO, 2002). Conforme relatórios divulgados pelo serviço geológico dos EUA, estes mostraram que o escoamento das bacias hidrográficas levam para a bacia do rio Mississippi quantidades significativas de herbicidas (SCRIBNER et al., 2006). Já, o movimento dessas moléculas no solo em direção vertical é chamado de lixiviação e é influenciada pelo teor e tipo de matéria orgânica, composição, tamanho e distribuição das partículas do solo, pH e densidade do solo, tamanho e distribuição dos poros, sendo esta a principal forma de transporte no solo das moléculas não-voláteis e solúveis em água (PRATA et al., 2003).

A lixiviação é fundamental para a incorporação superficial da maioria dos herbicidas, atingindo sementes ou plantas em germinação e que interferem diretamente no comportamento do herbicida no solo, podendo torná-lo mais ou menos eficiente no controle de plantas daninhas (OLIVEIRA, 2001). Ressalta-se que o grau de transporte destes herbicidas no ambiente depende de diversos fatores como dose de aplicação, a persistência do herbicida, a mobilidade, a precipitação, topografia e clima (LIN et al., 1999). Todavia, a lixiviação excessiva contribui, em muitos casos, para que o herbicida atinja e contamine o lençol freático. Tal contribuição dos agroquímicos para a contaminação ambiental ocorre devido há

vários fatores já mencionados e a união de todos estes permite que as moléculas dos agroquímicos atinjam as águas subterrâneas em menor tempo ou ao longo de sucessivas aplicações de produtos químicos.

Os herbicidas são transportados dentro do solo principalmente através da difusão do ar nos espaços do solo (poros), difusão na água do solo, fluxo descendente da água do solo ou pelo movimento ascendente da água do solo. O tempo para o herbicida ser absorvido pelas partículas de argila e/ou matéria orgânica podem ser importantes na avaliação do potencial de lixiviação de um herbicida, que estão relacionados com a adsorção cinética, porém a velocidade da água varia com textura do solo (OHMES; MUELLER, 2007). O movimento de produtos químicos no solo é também influenciado pela quantidade total de água de chuva ou de irrigação recebida e com a intensidade e a frequência de toda essa água (GUIMARÃES, 1987).

A interação entre o herbicida e o solo permite a retenção de moléculas orgânicas e estas apresenta correlação positiva com o teor de carbono orgânico, no qual altos valores do coeficiente de sorção indicam maior afinidade do produto com o solo, conseqüentemente, maior persistência e possibilidade de contaminação de águas subterrâneas (OLIVEIRA et al., 2010). A sorção é um processo interfacial e refere-se à adesão ou atração de uma ou mais camadas iônicas ou moleculares para uma superfície, assim o mecanismo de sorção de herbicidas é muito complexo por tratar-se de forças físicas como pontes de hidrogênio, forças eletrostáticas, ligações covalentes e interações hidrofóbicas que são os principais mecanismos que podem contribuir com a sorção dos herbicidas (PRATA; LAVORENTI, 2000), ou seja a retenção ou não do herbicida no solo depende do coeficiente de sorção desta molécula.

Pode-se definir persistência de um herbicida como a habilidade que um composto tem para reter a integridade de sua molécula e conseqüentemente suas características físicas, químicas e funcionais através do qual este é transportado e distribuído após sua liberação no ambiente; o inverso da persistência química é a sua degradação química que pode ocorrer através de mecanismos físicos, biológicos, químicos e fotoquímicos sendo assim a resistência de um produto químico à degradação determinará o tempo de permanência à um determinado ambiente (GUIMARÃES, 1987). No entanto segundo Silva et al. (2011), sob condição de cultivo em arroz inundado, o fato de não ocorrer a degradação do herbicida,

este torna-se mais disponível na solução do solo para o aumento do pH e para outros processos como o transporte para águas subterrâneas ou processos de transformação, sendo assim, em solos com textura arenosa o fluxo de massa pode ser um importante mecanismo de transporte descendente de herbicida como o imazapic, pois tem potencial de lixiviação e não degrada.

O evento variável de intensidade da chuva pode afetar as taxas de lixiviação de agroquímicos no solo, mas a maioria dos estudos laboratoriais de lixiviação de agroquímicos usa um simulador de chuva em funcionamento constantes, ou cobre-se o solo com água empoçada, que demonstra ser especialmente verdadeiro em experimentos no qual macroporos estão presentes nos solos e que apresentam uma complexidades experimental suficiente, porém sem a complexidade adicional da intensidade da precipitação variável (MALONE et al., 2004). Uma das maneiras de contornar esta dificuldade é uso técnicas de lisímetro no qual o potencial de lixiviação de um herbicida pode ser avaliado (OGNER, 1987; WINTON; WEBER, 1996) ou por cromatografia de camada delgada de solo (HELLING, 1971; SANCHEZ-MARTIN et al., 1994). Malone et al. (2004), sugerem também a utilização de um modelo de transporte adequado de agroquímicos, calibrá-lo para descrever com precisão experimentar uma intensidade fixa e depois explorar os efeitos no caso de variação na intensidade da chuva a lixiviação de agroquímicos através de macroporos. Como alternativa, pode ser utilizado amostras em colunas de solo (CAETANO et al., 1995; PIRES et al., 1997; SOUZA et al., 2000; INOUE et al., 2002). Com a semeadura de espécies vegetais sensíveis ao herbicida de interesse, denominada bioindicadora, com a simulação da precipitação ou o acúmulo da chuva nas condições normais de campo.

4.1. S-metolachlor

O s-metolachlor pertence ao grupo químico das cloroacetamidas, usado no Brasil nas culturas de algodão, feijão, milho, soja e cana-de-açúcar (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005; FONTES et al., 2006 ; MAPA, 2011). O metolachlor consiste de dois Risômeros e dois S-isômeros, presentes em iguais proporções no produto comercial, os S-isômeros são os que propiciam maior atividade herbicida, criando então o s-metolachlor, no qual o maior benefício, advindo dessa mudança tecnológica é a redução no lançamento de ingrediente ativo e componentes da formulação no ambiente (PROCÓPIO et al., 2003). É um

herbicida aplicado em pré-emergência e usado para controlar certas espécies de plantas daninhas. Quando absorvido pela semente da planta daninha age como um inibidor de crescimento por suprimir a síntese de clorofila, proteínas, ácidos graxos e lipídios, isoprenóides e flavonóides (EXTOXNET, 2000). O s-metolachlor é absorvido principalmente pelo coleóptilo e hipocótilo das plântulas, quando essas, durante a emergência, atravessam a camada de solo onde se encontra o produto, sendo que as absorções radiculares e foliares são inexpressivas (KARAM, 2003).

A redução nas perdas de lixiviação do metolachlor através do aumento na capacidade de sorção da matéria orgânica no solo tem se mostrado eficiente (SINGH, 2003). Isto mostra que em solos orgânicos o s-metolachlor tem menor movimentação, quando o teor de matéria orgânica aproxima-se de 2,0% (EXTOXNET, 2000). Além disso, a lixiviação deste herbicida pode ser inibida em solos com alto teor de argila ou silte (RIVARD, 2003). Isto por que o s-metolachlor tem uma certa mobilidade em solo de textura leve, sendo um composto moderadamente solúvel em água (530 mg L^{-1}), com baixo Koc (200 mL g^{-1}) e uma constante de dissociação (pKa) igual a 0,0 (WORTHING, 1983). O metolachlor tem uma relativa pressão de vapor baixa ($1,3 \times 10^{-5} \text{ mm Hg}$ a 20°C), e conseqüentemente não deve ser encontrado no ar, porém com potencial para contaminar águas subterrâneas, o metolachlor é considerado como moderadamente persistente no solo e na água. Apresenta dissipação a campo com meia-vida média de 114 dias e uma meia-vida de hidrólise de mais 200 dias (RIVARD, 2003). Segundo Nunes e Vidal (2008), há uma grande variabilidade no tempo de permanência do s-metolachlor no solo, a meia-vida tem em média uma variação entre 6 e 100 dias em laboratório e sob condições de campo, a meia-vida varia entre 8 e 85 dias, sendo dependente das condições em que a pesquisa é realizada.

Pelo grande uso do s-metolachlor em áreas de cana-de-açúcar, a lixiviação pode ser influenciada por solos com baixa quantidade de carbono orgânico e com maior textura, além da precipitação e/ou irrigação, movendo desta forma as moléculas do s-metolachlor para as águas subterrâneas. Comprovando a relação da mobilidade do s-metolachlor com a precipitação, Southwick (2009), constatou que, durante estações de chuvas abaixo do normal em comparação com o período médio chuva normal, caracterizado por uma redução de 79% do escoamento superficial total e fluxo de lixiviados, houve uma redução de

93% no movimento do metolachlor correspondente através destas rotas (escoamento superficial e lixiviação).

O s-metolachlor por ser relativamente solúvel em água e moderadamente adsorvido para o solo, pode ser transportado para as águas de superfície e subterrâneas na fase dissolvida, levando desta maneira a ocorrência freqüente de metolachlor nas águas do ambiente, demonstrando a importância do destino dos agroquímicos nas águas, bem como a necessidade de compreender o papel dos sedimentos na degradação e disponibilidade de contaminantes agrícolas em sistemas aquáticos (RICE et al., 2004).

4.2. Metribuzin

Entre os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar encontra-se o metribuzin, que é aplicado em pré e pós-emergência inicial, sendo do grupo químico da triazinona, recomendado também nas culturas de aspargo, batata, café, mandioca, soja, trigo e tomate (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). O mecanismo de ação do metribuzin é a inibição da fotossíntese através do bloqueio de fluxo de elétrons no fotossistema II entre Q_a e Q_b ocasionado pela ligação do herbicida ao sítio de ligação da Q_b , na proteína D1 do fotossistema II (OLIVEIRA JR, 2001). Já a mobilidade no solo é afetado por variáveis do local específico, incluindo a quantidade de matéria orgânica do solo, distribuição de tamanho de partículas, porosidade, intensidade de chuvas e as taxas de aplicação (EXTOXNET, 1996).

O metribuzin vem sendo muito utilizado na cana-de-açúcar, por ser um herbicida de aplicação em pré-emergência, recomendado principalmente para o controle de plantas daninhas de folha larga (CAETANO et al., 1996). É absorvido via foliar e pelas radículas, translocado via xilema acumulando-se nas folhas, caules e raízes, sendo que nas plantas susceptíveis provoca manchas de clorose nas folhas, seguidas de necrose após a emergência do solo e por fim a morte. Apresenta alta solubilidade em água (1100 mg L^{-1}) e médio Koc (60 mL g^{-1}), a constante de dissociação (pKa) é 1,0 sendo facilmente lixiviado no solo, não sendo recomendado seu uso em solo arenoso e/ou com baixo nível de matéria orgânica. A pressão de vapor é muito baixa ($1,2 \times 10^{-7} \text{ mm Hg}$ a 20°), com uma meia-vida de 30 a 60 dias dependendo da textura do solo e condições climáticas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Ressalta-se que trabalhos realizados por Lourencetti et al. (2005) no qual avaliaram o potencial de contaminação das águas subterrâneas por agroquímicos, observaram que o herbicida metribuzin apresentou um certo potencial de lixiviação, uma vez que, vem sendo utilizado constantemente em algumas das principais culturas do Brasil. Sua grande utilização tem trazido preocupações quanto a contaminação das águas subterrâneas. Em um estudo realizado na região produtora de cana-de-açúcar da Argentina verificou-se que o metribuzin foi um dos herbicidas mais lixiviados, do total das amostras analisadas, 97,3% encontrou-se com metribuzin (BEDMAR et al., 2004). Resultados obtidos por Rosenbom et al. (2009), sugerem que a longo prazo a lixiviação de metabólitos de agroquímicos, como metribuzin para as águas subterrâneas tem que ser repensada a fim de proteger o lençol freático deste tipo de lixiviação, pois indica uma necessidade urgente para lidar com características de longo prazo da sorção e dissipação de metabólicos no ambiente.

4.3. Sulfentrazone

O sulfentrazone é outro herbicida utilizado na cultura da cana-de-açúcar, do grupo da triazolona, inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) utilizado para controle em pré-emergência de plantas infestantes latifoliadas, gramíneas e ciperáceas (WSDOT, 2006). Possui registro para ser utilizados nas culturas de grande importância comercial, como a cana-de-açúcar, a soja, café, citros e o eucalipto (NIEKAMP; JOHNSON, 2001; MAPA, 2011). O sulfentrazone controla plantas daninhas pelo processo de oxidação da enzima protoporfirinogênio oxidase (membrana interrupção), um modo de ação denominado inibição PPO, que é absorvido principalmente pelas raízes das plantas tratadas, sendo que as plantas que emergem do solo tratado ficam necróticas e morrem após a exposição à luz causados pela desidratação rápida, perda da clorofila e carotenóides do tecido vegetal provocado pela peroxidação de lipídeos (OLIVEIRA JR, 2001).

O sulfentrazone possui mobilidade elevada e certa persistente no solo, permanece muito móvel nas colunas de solo e água o que permite a lixiviação, caracterizado de ser moderadamente solúvel em água apresenta uma solubilidade de 780 mg L^{-1} , Koc médio de 43 mL g^{-1} , pressão de vapor $1 \times 10^{-9} \text{ mm Hg}$ a 25°C e constante de dissociação (pKa) é 6,5. Com estas propriedades, o sulfentrazone é altamente móvel e persistente no solo, tem um forte

potencial de lixiviação para as águas subterrâneas e movimentação por escoamento superficial (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). A sua meia-vida no solo é estimada entre 110 e 280 dias, variando a partir das condições edafoclimáticas locais (FMC 1995). Os herbicidas ácidos, como o sulfentrazone, têm a tendência de ionizar-se em solução aquosa e gerar ânions, assim quando o pH é inferior a sua constante de dissociação (pK_a), predominará a forma molecular que permite a lixiviação, enquanto, em caso contrário, predominará na forma dissociada (ROSSI et al., 2007).

O herbicida sulfentrazone tem um potencial alto de persistir e mover-se em solos brasileiros e assim infiltrar e atingir águas subterrâneas, seu uso pode causar riscos ambiental, toxicológicos e contaminação das águas subterrâneas (GREY et al., 2007; LIMA et al., 2010). Neste contexto, o conhecimento das relações do sulfentrazone no solo é muito importante, visto que existem mecanismos, tais como adsorção e lixiviação, que interferem na ação deste quando aplicado na pré-emergência das plantas daninhas (ROSSI et al., 2005b). Dados obtidos por Blanco e Velini (2005) concluíram que, em função de uma condição mais favorável à sorção do herbicida aos colóides do solo, a permanência do herbicida sulfentrazone na solução do solo, disponibiliza-o para os processos de dissipação e de lixiviação. Além disto, quando se aumenta a compactação do solo, tem-se o acúmulo do herbicida na superfície do solo, em virtude da restrição na sua percolação permitindo o aumento da concentração disponível para plantas daninhas e culturas (ZOBIOLE et al., 2007).

4.4. Tebuthiuron

O herbicida tebuthiuron é aplicado em pré e pós-emergência, sendo que no solo é absorvido pelas raízes e acumulado na parte aérea, podendo causar sério impacto ambiental pela possibilidade de contaminação água superficial e subterrânea devido alto potencial para escoamento superficial (PIRES et al., 2005). A previsão sobre o destino e o comportamento de agroquímicos como tebuthiuron no solo depende de constantes confiáveis de equilíbrio de sorção, devido ao coeficiente de sorção à matéria orgânica e à argila (DORNELAS SOUZA et al., 2001). Pires et al. (2008) constataram em seus estudos que a maior parte do herbicida encontrava-se na solução do solo, conseqüência do teor de matéria

orgânica médio, por apresentar baixa superfície específica e baixa CTC e, apesar de ser de textura argilosa o tebuthiuron apresentou baixa capacidade de sorção.

O tebuthiuron é um herbicida sistêmico pertence ao grupo das uréias substituídas para uso no controle das plantas daninhas de folhas largas e lenhosas, recomendado para a cultura da cana-de-açúcar, atua no centro de reação do fotossistema II ligando-se a um sítio específico da quinona Q_b , na proteína D1, o que bloqueia o transporte de elétrons da quinona Q_a para a Q_b (OLIVEIRA JR, 2001). A meia-vida de tebuthiuron é de 360 dias, sendo que apresenta elevada solubilidade em água de 2.500 mg L^{-1} a 25°C , com Koc de 80 mL g^{-1} , a pressão de vapor do tebuthiuron é 2×10^{-6} a 20°C e a constante de dissociação (pK_a) é 1,2 o que favorece sua movimentação no solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Segundo Christoffoleti e López-Ovejero (2005), o tebuthiuron está entre os herbicidas de alta solubilidade em água, baixos Koc que é recomendados para aplicação na cultura da cana-de-açúcar em épocas secas. Pela fato que o uso de tebuthiuron tem demonstrado bons resultados no controle das plantas daninhas em cana-de-açúcar (INOUE et al., 2007a), mesmo na presença de palha devido a capacidade de atingir o solo (NEGRISOLI et al., 2007), o uso em grandes áreas e além de ser um herbicida exclusivo para cana-de-açúcar, tem contribuído para o seu uso intensivo. No entanto, pesquisas como as de Gomes et al. (2006) tem comprovado a lixiviação do herbicida tebuthiuron em diferentes solos, sendo que em um Neossolo Quartzarênico onde foi encontrado um baixo teor de carbono, maior condutividade hidráulica, menor teor de argila a movimentação do tebuthiuron no solo foi em média 6,7 vezes maior que em um Latossolo Vermelho. Por tratar-se de um herbicida residual, Tofoli et al. (2009) comentam que devido ao grande uso do tebuthiuron no controle de plantas daninhas e à escassez de dados sobre a dinâmica deste herbicida nas diferentes condições de aplicação, é de fundamental importância avaliar esse comportamento deste produto nos sistema em que é pulverizado.

4.5. Considerações do estudo

Os processos de natureza física, química e biológica envolvidos na lixiviação dos herbicidas são influenciados por variáveis dos solos e dos sistemas de preparo, portanto estudar o processo de lixiviação em condições reais de campo vem a ser a forma mais

real de analisar-se o comportamento dos herbicidas no ambiente. Diante deste contexto a compreensão da dinâmica de herbicidas no solo poderá levar a recomendações mais precisas quanto às doses a serem aplicadas de acordo com as características do solo que controlam sua movimentação e persistência no solo (INOUE et al., 2007b).

O grande uso de agroquímicos, tem aumentado os níveis de nitrato, fosfato, resíduos de agrotóxicos, como seus metabólitos nas águas do ambiente, podendo comprometer a qualidade, pois os agrotóxicos possuem diferentes estruturas e atividades biológicas que os tornam bastante diferenciados quanto a seus efeitos de ordem fitossanitária, sendo os principais motivos pelos quais são amplamente utilizados na agricultura (FERRACINI et al., 2005). Esta contaminação dos recursos hídricos pelo uso de agroquímicos tem proporcionado uma consciência pública sobre a qualidade da água potável e o potencial de poluição, pois recursos hídricos podem ser contaminados pela lixiviação e escoamento superficial em solo aplicados com agroquímicos (SINGH, 2003). Entender a lixiviação de cada herbicida no perfil de diferentes texturas de solo, em função do intervalos de chuvas permite compreender as perdas de defensivos agrícolas para o lençol freático o que pode provocar prejuízos econômicos para o produtor devido a grande mobilidade no solo.

A pesquisa nacional sobre a influencia dos herbicidas na qualidade da água subterrânea ainda esta em desenvolvimento quando comparado com países desenvolvidos. A real importância das águas subterrâneas para fornecimento a população e o fato dos agroquímicos representarem uma fonte de contaminação, adotar praticas que reduza o risco destas moléculas atingir os lençóis freático é de suma importância para qualidade ambiental. Praticas de manejo e conscientização podem ser realizadas antes que os agroquímicos, realmente atinjam as águas subterrâneas, além de realizar pesquisas sobre a comportamento dos herbicidas utilizado na agricultura nacional. Os resultados desses estudos podem ser utilizados para alertar sobre o potencial de mobilidade dos agroquímicos e possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, fornecendo subsídios para planejamento e implantação de técnicas que evitem e reduzam está contaminação.

Dados, como a avaliação da mobilidade de agroquímicos no solo, podem ser obtidos diretamente por estudos em campo e laboratório, ou indiretamente com o uso de modelos que simulam o potencial de lixiviação dos agroquímicos. Resultados gerados por essas investigações podem ser utilizados para garantir a qualidade das águas subterrâneas

potável como fator de desenvolvimento socioeconômico ambiental e a sustentabilidade no manejo de plantas daninhas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Local

A primeira fase do estudo foi instalado e conduzido em condições de campo na área experimental da Fazenda do Lageado (Figura 1) e a segunda em casa de vegetação do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) (Figura 2), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, setor Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas/ UNESP, Campus de Botucatu/SP.

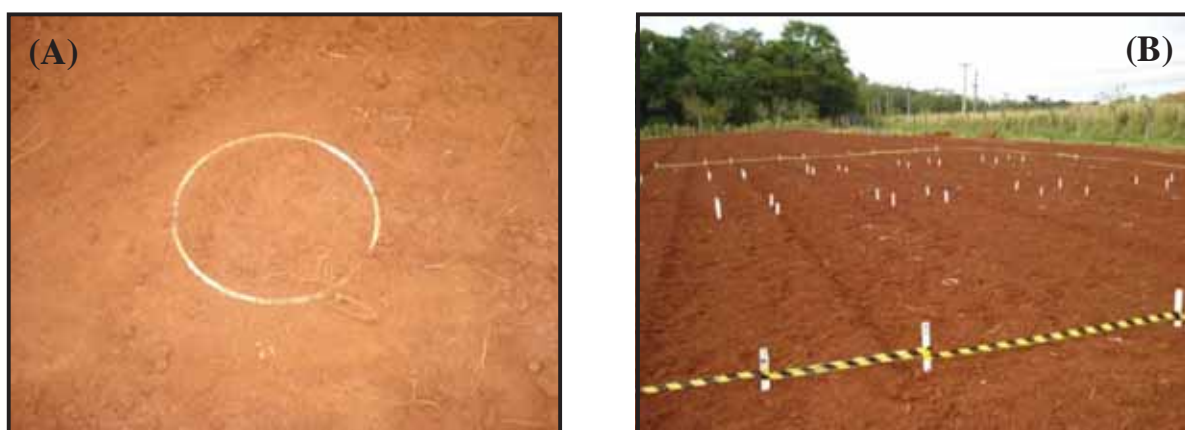


Figura 1. (A): Detalhe da coluna de PVC inserida no solo. (B): Visão geral do experimento. Botucatu/SP, 2010.

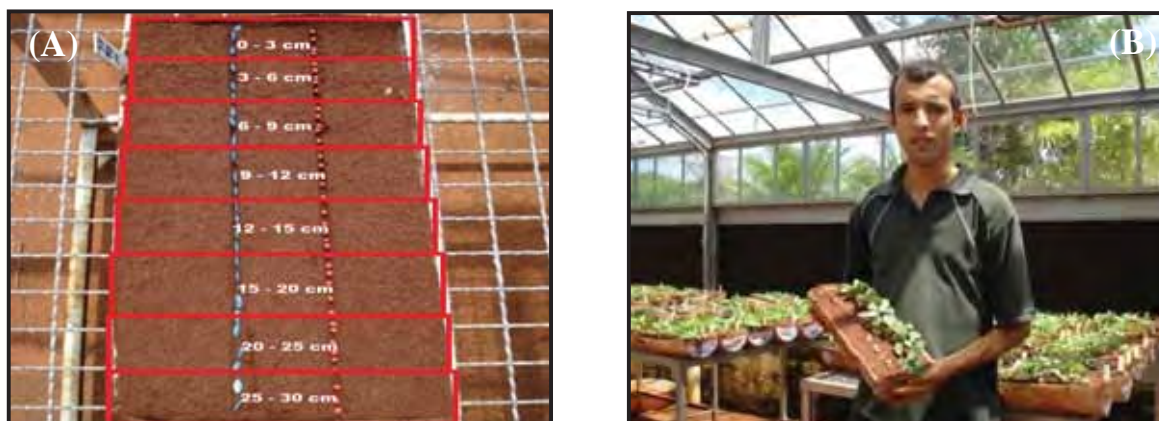


Figura 2. (A): Semeadura das plantas bioindicadoras. (B): Detalhe do interior da casa-de-vegetação. Botucatu/SP, 2010.

5.2. Condução do estudo

Foram conduzidos 2 experimentos, um em solo médio arenoso e outro em solo argiloso, classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolos Litólicos, respectivamente (SERGIO et al., 2005). As análises química e granulométrica dos solos foram determinadas em amostras retiradas das camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade dos dois solos estudados (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Resultados da análise química de amostras coletadas nas diferentes profundidades dos dois solo que recebeu aplicação dos herbicidas. Botucatu/SP, 2010.

Exp.	Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	mmolc/dm ³					CTC	V (%)
					K	Ca	Mg	H+Al	SB		
1	0-10	4,8	22	11	1,6	33	14	46	48	94	51
	10-20	4,7	21	10	1,8	29	14	50	44	94	47
	20-30	4,7	25	9	2,1	30	15	51	47	98	48
2	0-10	4,1	14	17	0,9	4	2	39	7	46	15
	10-20	4,1	13	19	0,4	4	2	34	7	40	16
	20-30	4,1	12	18	0,6	5	3	38	8	46	18

1 – Solo argiloso (Neossolos Litólicos); 2 – Solo médio arenoso (Latossolo Vermelho-Amarelo)

Tabela 2. Resultados da análise granulométrica de dois solos coletados em diferentes profundidades que recebeu aplicação dos herbicidas. Botucatu/SP, 2010.

Granulometria (g kg ⁻¹)	1 - Profundidade (cm)			2 - Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Argila	436	449	460	193	189	186
Silte	163	163	152	37	36	35
Areia Grossa	100	100	100	315	693	303
Areia Fina	301	288	288	455	482	477
Areia Total	401	388	388	770	775	780
Textura do Solo	Argilosa	Argilosa	Argilosa	Média	Média	Média

1 – Solo argiloso (Neossolos Litólicos); 2 – Solo médio arenoso (Latossolo Vermelho-Amarelo)

As amostras de solo foram coletadas em colunas de PVC com 30 cm de altura e 15 cm de diâmetro, através da introdução das colunas do PVC nos dois diferentes solos até o nível da superfície dos mesmos. Retirou-se as colunas após a aplicação dos herbicidas quando ocorrido à precipitação desejada acumulada no ambiente, de forma cuidadosa escavando-se ao seu redor, mantendo a integridade original do solo (Figura 3). A borda inferior das colunas foram amparada para reter o solo com telas finas após a coleta. Em cada área experimental (solo médio arenoso e argiloso) continha um pluviômetro para acompanhar a precipitação acumulada em cada estudo.



Figura 3. Retirada das amostras de solo. (A): Coleta (B): Transporte. Botucatu/SP, 2010.

As colunas foram separada em duas metades com um corte longitudinal através de um fio de metal e colocou-se uma chapa galvanizada para realizar a separação das duas partes e realizou-se imediatamente a semeadura das espécies bioindicadoras, para emergir 25 plantas por espécie em cada meia coluna (Figura 4). A seleção

da espécie bioindicadora adequada foi realizada de acordo com a revisão de literatura para que fosse sensível a pelo menos um herbicida; pepino - *Cucumis sativus* (OLIVEIRA et al., 1999), alface - *Lactuca sativa* (DEUBER et al., 2004), sorgo - *Sorghum bicolor* (BACHEGA et al., 2009), capim marmelada - *Brachiaria plantaginea* (NEGRISOLI et al., 2007) e picão-preto - *Bidens pilosa* (DOWER NETO et al., 2003).

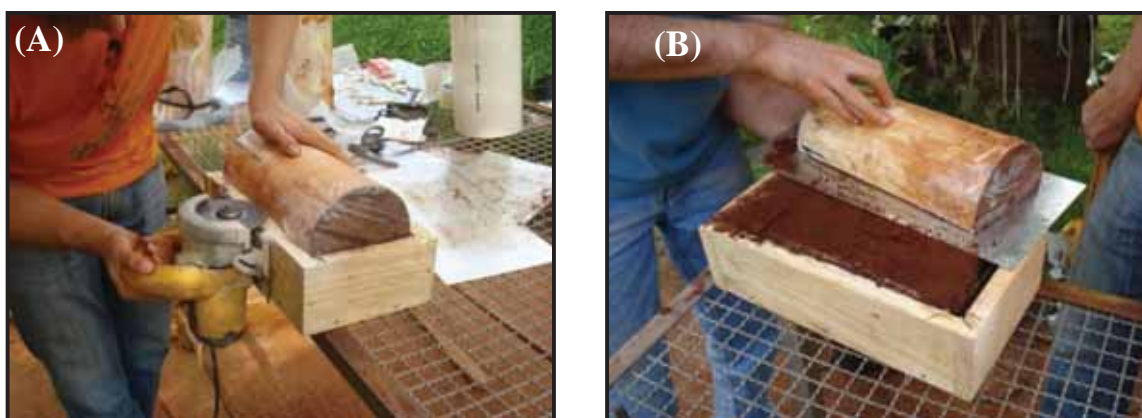


Figura 4. Divisão longitudinal das colunas. (A): Corte do PVC. (B): Separação das colunas. Botucatu/SP, 2010.

5.3. Aplicação dos herbicidas

A dose dos herbicidas utilizadas no solo argiloso e médio arenoso conforme a recomendação técnica para cada tipo de solo estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição dos tratamentos experimentais. Botucatu/SP, 2010.

Tratamentos	Herbicidas	Dose i.a. (g ha ⁻¹)	Dose p.c. (L ha ⁻¹)	Textura
1	s-metolachlor	1.960	2,0	Argiloso
2	s-metolachlor	1.440	1,5	Média
3	Metribuzin	1.920	4,0	Argiloso
4	Metribuzin	1.440	3,0	Média
5	Sulfentrazone	800	1,6	Argiloso
6	Sulfentrazone	600	1,2	Média
7	Tebuthiuron	750	1,5	Argiloso
8	Tebuthiuron	600	1,2	Média

s-metolachlor: Dual Gold[®]; metribuzin: Sencor 480[®]; sulfentrazone: Boral 500 SC[®]; tebuthiuron: Combine 500 SC[®]

Fonte: (RODRIGUES; ALMEIDA 2005).

Os herbicidas foram aplicados no topo das colunas (na superfície do solo) mantendo 50 cm entre a borda superior da coluna e a barra de aplicação com deslocamento a uma velocidade de 1 m s^{-1} . Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO_2 , munido de pontas de jato plano Teejet XR 11002VS, a uma pressão de trabalho de 2 kgf cm^{-2} , o que proporcionou um volume de calda 200 L ha^{-1} (Figura 5).

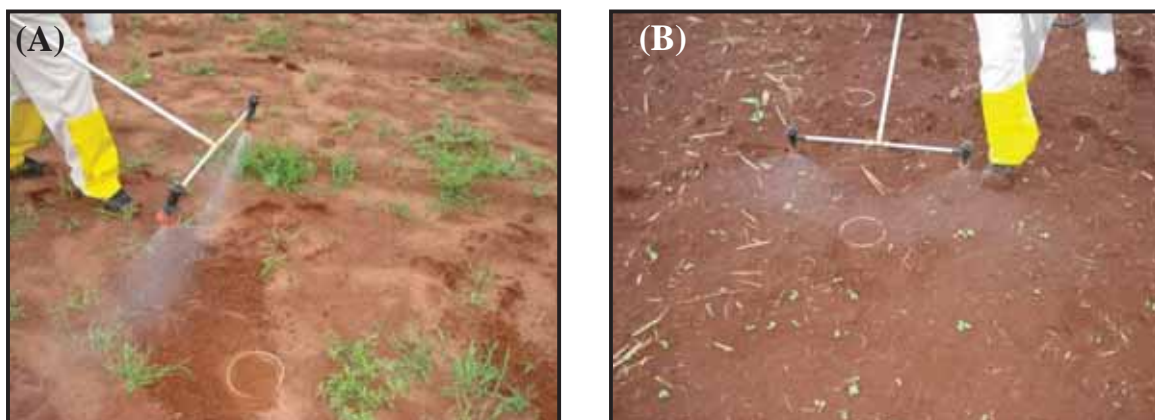


Figura 5. Detalhe da aplicação dos herbicidas. (A): Solo médio arenoso. (B): Solo argiloso. Botucatu/SP, 2010.

5.4. Parâmetros avaliados

As avaliações de fitotoxicidade nas plantas bioindicadoras semeadas nas colunas foram realizadas aos 5, 7 10 e 12 dias após a semeadura (DAS). Como critério de avaliação de fitotoxicidade das plantas, adotou-se a escala de notas de 0 a 100% (SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1995), em que 0 corresponde a nenhuma injúria e 100% é equivalente a morte das plantas.

Após a aplicação dos herbicidas (2/12/2010) fez-se o monitoramento da precipitação diária durante a condução do experimento e constatou-se um precipitação acumulada de 31 mm na área experimental de solo argiloso e um acúmulo de 36 mm na área experimental de solo com textura média já aos 4 dias após a aplicação (DAA) em 6/12/2010; a precipitação acumulada de 62 mm no solo argiloso e 66 mm no solo médio arenoso foi alcançada aos 11 DAA em 13/12/2010 e por último a precipitação acumulada de 114 mm no solo argiloso e 116 mm no solo médio arenoso foi finalizada aos 16 DAA em 18/12/2010,

sendo todas dentro dos intervalos pré-estabelecidos: 30-40, 60-80 e 100-120 mm de chuva (Figura 6).

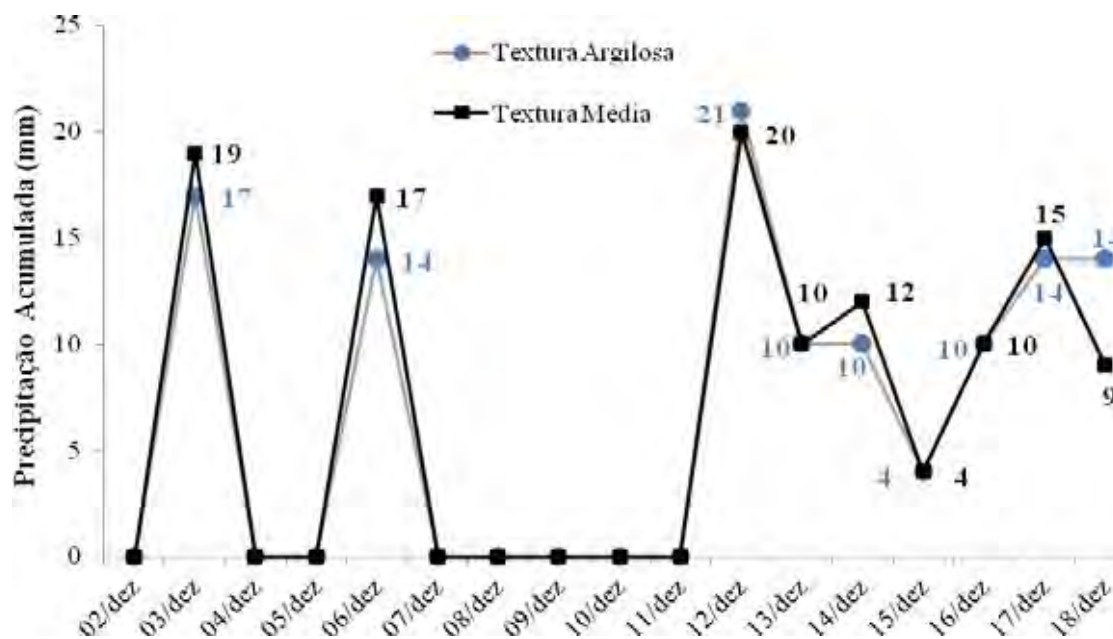


Figura 6. Precipitação ocorrida durante a condução do estudo em solo de textura argiloso e de textura média arenosa. Botucatu/SP, 2010.

5.5. Delineamento experimental

Delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 3 x 8, no qual os fatores referem-se aos 3 índices de precipitação ocorrido no ambiente antes da coleta das amostra (31, 62 e 114 mm para solo argiloso e 36, 65 e 116 mm para solo médio arenoso) e 8 profundidades avaliadas no perfil do solo (0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15, 15-20, 20-25, 25-30 cm). Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste “F” e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. S-metolachlor

Os resultados da porcentagem de fitotoxicidade observada nas plantas de pepino proporcionado pelo herbicida s-metolachlor aplicado em pré-emergência em um solo de textura argilosa estão apresentados na Tabela 4a e 4b. Nota-se aos 5 DAS que nas três precipitações acumuladas (31, 62 e 114 mm) ocorreram fitotoxicidade nas plantas de pepino que emergiram nos 6 primeiros centímetros de profundidade. Já aos 7, 10 e 12 DAS as precipitação de 62 e 114 mm mostram também uma pequena fitotoxicidade na planta bioindicadora entre 6-9 cm de profundidade, sendo que houve uma evolução acentuada nos sintomas de fitotoxicidade nas duas primeiras camadas de solo avaliadas (0-3 e 3-6 cm). Assim, aos 12 DAS ao final da avaliação, o herbicida s-metolachlor sob uma precipitação de 31 mm apresentou uma lixiviação de 0-6 cm no perfil do solo argiloso e aos 62 e 114 mm a lixiviação do s-metolachlor no mesmo solo foi de 0-9 cm, quando utilizado plantas de pepino como planta bioindicadora.

De uma forma geral, quando se compara a fitotoxicidade encontrada nas plantas de pepino em uma mesma profundidade, 0-3, 3-6 e 6-9 cm, com as diferentes precipitações avaliadas, observa-se que a porcentagem de fitotoxicidade foi maior nas precipitações de 62 e 114 mm em comparação a 31 mm e, dependendo da época avaliada sendo semelhante entre si.

A lixiviação do herbicida s-metolachlor apresentado nas Tabelas 4a e 4b, mostra que o herbicida aplicado em solo argiloso na dose recomendada (2,0 L ha⁻¹), a uma precipitação de até 114 mm ficará restrita na camada de 0-9 cm deste solo. Contudo, a maior concentração do produto permanecerá na camada de 0-3 cm do solo independente da precipitação acumulada, como mostra a maior porcentagem de fitotoxicidade (72,5; 99,5 e 99,5%) das plantas de pepino na camada de 0-3 cm aos 12 DAS. Ressalta-se que baixas concentrações de metolachlor já foram detectadas em profundidades de até 60 cm durante a primavera no Estado de Minnesota (EUA), mas de forma semelhante as maiores concentrações do herbicidas foram detectadas na superfície do solo (0-10 cm) em todos os momentos de amostragem (PAPIERNIK et al., 2009). Trabalho realizado por Procópio et al. (2001a) estudando a lixiviação do herbicida s-metolachlor em cinco tipos de solos, observaram que em todos os solos o s-metolachlor concentrou-se na camada mais superficial de 0-5 cm, no entanto em solos com baixos teor de matéria orgânica e CTC efetiva, levou a ocorrência de lixiviação do s-metolachlor aumentando a probabilidade de contaminação de águas subterrâneas.

Tabela 4a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 10,0(0,31) b	A 23,7(0,50) a	A 17,5(0,42) a	A 42,0(0,70) b	A 57,5(0,86) a	A 46,2(0,74) b
3-6	B 2,5(0,11) b	B 6,2(0,25) a	B 10,0(0,27) a	B 12,5(0,36) c	B 36,2(0,64) a	B 23,2(0,48) b
6-9	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) c	C 7,0(0,26) a	C 4,2(0,14) b
9-12	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		4,357*			13,407**	
F Profundidade (P)		84,382**			222,743**	
F (C) X (P)		2,075*			3,511**	
C.V. (%)		74,4			39,1	
d.m.s. (C)		0,09			0,11	
d.m.s. (P)		0,12			0,15	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 4b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 43,7(0,72) c	A 58,7(0,87) b	A 85,7(1,23) a	A 72,5(1,02) b	A 99,5(1,53) a	A 99,5(1,53) a
3-6	B 12,0(0,35) b	B 36,2(0,64) a	B 37,5(0,65) a	B 23,7(0,50) c	B 55,0(0,84) a	B 43,7(0,72) b
6-9	C 0,0(0,00) b	C 7,5(0,27) a	C 3,7(0,13) ab	C 0,0(0,00) b	C 10,0(0,31) a	C 9,2(0,26) a
9-12	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		17,322**			51,223**	
F Profundidade (P)		215,516**			769,140**	
F (C) X (P)		6,965**			14,192**	
C.V. (%)		41,0			22,2	
d.m.s. (C)		0,14			0,10	
d.m.s. (P)		0,18			0,13	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas Tabelas 5a e 5b, estão registrados os resultados da porcentagem de fitotoxicidade proporcionados pelo herbicida s-metolachlor sobre plantas de alface nas diferentes precipitações e períodos de tempo avaliados. Ao 5 DAS, somente as plantas que foram submetidas ao acúmulo de precipitação de 31 mm apresentaram fitotoxicidade dos 0-3 e 3-6 cm de profundidade. Já aos 7 DAS as plantas com uma precipitação de 31 mm apresentaram um aumento da fitotoxicidade, bem como verificou sintomas de fitotoxicidade nas plantas de alface com o acúmulo de precipitação de 114 mm, até ao 6 cm de profundidade. Os dados de 10 e 12 DAS nas diferentes precipitações, comprovam que o herbicida s-metolachlor mantém uma faixa de concentração no perfil do solo entre 0-6 cm de profundidade independente do acúmulo de precipitação que este solo foi submetido.

O herbicida s-metolachlor teve a capacidade de manter-se nas camadas superficiais do solo argiloso diminuindo sua concentração com o aumento da profundidade. Segundo Oliveira Jr. (2007), os herbicidas não iônicos, como o s-metolachlor, têm a degradação e dissociação relacionada ao teor de matéria orgânica e argila do solo, ou seja solos orgânicos têm menor lixiviação de s-metolachlor, como observado neste estudo. Fontes

et al. (2004) trabalhando com lixiviação de metolachlor, detectaram o produto na camada de 0-5 cm de solo na área do plantio convencional, uma vez que o solo empregado neste estudo continha na camada de 0-15 cm mais de 20 g kg⁻¹ de matéria orgânica, além de 490 e 430 g kg⁻¹ de argila, característica que reduz a lixiviação e explica a presença do herbicida apenas na camada de solo de 0-5 cm.

Tabela 5a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 16,2(0,34) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 35,0(0,61) a	A 0,0(0,00) b	A 35,0(0,62) a
3-6	A 11,2(0,22) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 29,2(0,52) a	A 0,0(0,00) b	B 2,5(0,11) b
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 1,2(0,05) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,503**			8,888**	
F Profundidade (P)		2,938**			13,739**	
F (C) X (P)		2,938**			4,456**	
C.V. (%)		38,4			17,7	
d.m.s. (C)		0,15			0,24	
d.m.s. (P)		0,20			0,31	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 5b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 51,0(0,80) b	A 20,0(0,46) c	A 73,7(1,05) a	A 100,0(1,57) a	A 78,7(1,09) b	A 100,0(1,57) a
3-6	A 33,7(0,60) a	B 2,5(0,08) c	B 10,0(0,32) b	B 46,2(0,80) a	B 3,7(0,10) c	B 15,0(0,39) b
6-9	B 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		8,502**			14,198**	
F Profundidade (P)		61,423**			217,174**	
F (C) X (P)		4,686**			6,379**	
C.V. (%)		87,9			50,4	
d.m.s. (C)		0,20			0,19	
d.m.s. (P)		0,27			0,25	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcseno(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

As porcentagens de fitotoxicidade encontradas nas plantas de sorgo proporcionadas pelo herbicidas s-metolachlor estão apresentados nas Tabela 6a e 6b. Nota-se aos 5 DAS, que o herbicida s-metolachlor já pode ser encontrado nas profundidade de 0-3 e 3-6 cm nos tratamento que permaneceram sob uma precipitação de 31 e 114 mm, já o tratamento que com uma precipitação de 62 mm, o herbicida ficou retido na camada de 0-5 de profundidade. Aos 7 DAS, comportamento semelhante para as precipitação de 31 e 114 mm foram verificados, porém já se observou um caminhamento do produto para a profundidade maiores (6-9 cm). Contudo, sob a precipitação de 62 mm o herbicida permaneceu na camada de 0-3 cm de profundidade.

Na Tabela 6b, os dados da porcentagem de fitotoxicidade nas plantas de sorgo aos 10 e 12 DAS confirmam que o s-metolachlor após submetido as precipitações 31 e 114 mm permaneceu nos primeiros 9 cm de profundidade em solo de textura argilosa. Já o tratamento que foi submetido a 62 mm de precipitação não houve aumentou a lixiviação de s-metolachlor, continuando na camada de 0-3 cm da superfície do solo argiloso, sendo que herbicida s-metolachlor não causou nenhum efeito fitotóxico as plantas que estavam na

profundidade de 3-6 e 6-9 cm (Tabelas 6a e 6b) sob uma precipitação de 62 mm. Assim nota-se que o herbicida s-metolachlor apresentou uma certa restrição a lixiviação em solo de textura argilosa, o que permite a maior concentração do produto continuar retida nas camadas superficiais do solo independente da precipitação acumulada. Dados obtidos por Inoue et al. (2010), demonstram que a lixiviação do s-metolachlor está relacionada a característica do solo em que o herbicida está sendo aplicado. Os pesquisadores observaram que a presença do herbicida s-metolachlor em um solo de textura argilosa sob diferentes lâminas de água não foi evidenciada além da camada de 5-10 cm para as lâminas de até 60 mm de água, já as lâminas de 80 e 100 mm, as moléculas foram detectadas até a profundidade de 10-15 cm, diferindo dos resultados ora encontrados para a precipitação maior estudada. Estes dados sozinhos não garante o potencial real lixiviação do s-metolachlor, pois mesmo apresentando alguma fitotoxicidade, devido ao fato que o herbicida s-metolachlor ter um potencial de uso para a cultura do sorgo sem causar efeito fitotóxico (ARCHANGELO et al., 2002).

Tabela 6a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 15,0(0,39) c	A 25,0(0,52) b	A 36,2(0,64) a	A 33,7(0,61) c	A 56,7(0,86) b	A 85,0(1,19) a
3-6	A 11,2(0,24) a	B 0,0(0,00) b	B 12,5(0,34) a	A 27,5(0,52) a	B 0,0(0,00) b	B 31,2(0,57) a
6-9	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 3,7(0,17) a	B 0,0(0,00) a	C 1,2(0,05) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,235**			10,201**	
F Profundidade (P)		88,538**			107,350**	
F (C) X (P)		4,769**			8,265**	
C.V. (%)		76,8			63,8	
d.m.s. (C)		0,11			0,17	
d.m.s. (P)		0,15			0,23	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 6b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 58,7(0,90) ab	A 51,2(0,80) b	A 76,2(1,07) a	A 81,2(1,20) b	A 85,0(1,23) b	A 99,5(1,53) a
3-6	B 27,5(0,52) a	B 0,0(0,00) b	B 28,7(0,54) a	B 15,0(0,38) b	B 0,0(0,00) c	B 40,0(0,67) a
6-9	C 3,7(0,17) a	B 0,0(0,00) a	C 1,2(0,05) a	BC 5,0(0,19) a	B 0,0(0,00) b	C 1,2(0,05) ab
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	8,723**			12,319**		
F Profundidade (P)	96,068**			232,818**		
F (C) X (P)	3,941**			6,555**		
C.V. (%)	68,4			47,6		
d.m.s. (C)	0,19			0,17		
d.m.s. (P)	0,25			0,23		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Os dados foram transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Nas Tabelas 7a e 7b estão apresentados os resultados da porcentagem de fitotoxicidade observados para as plantas de picão-preto. Nota-se na Tabela 7a que a planta de picão-preto detectou o herbicida s-metolachlor no solo argiloso na profundidade de 0-6 cm para a chuva de 31 mm, e na profundidade de 0-3 cm para a chuva de 114 mm. Já os dados da Tabela 7b, demonstram que o herbicida permaneceu na camada de 0-6 cm de profundidade para a precipitação de 31 mm, e para a precipitação de 62 mm e 114 mm, a maior concentração do s-metolachlor permaneceu na profundidade de 0-3 cm do solo argiloso.

Diante destes resultados que podem parecer contraditório, no qual a maior lixiviação do herbicida s-metolachlor ocorreu na menor precipitação, deve-se ao fato de que as maiores precipitação (62 mm e 114 mm) levaram maior tempo (11 dias e 16 dias) para acumular do que a menor precipitação (31 mm), que foi de cerca de 4 dias. Assim a concentração do s-metolachlor nas profundidade de 3-6 cm nas precipitações de 62 mm e 114 mm não foram suficiente para causar algum efeito fitotóxico nas plantas de picão-preto, como observado sob a precipitação de 31 mm. Segundo Bowman (1988), o tempo entre a aplicação do metolachlor e a precipitação tem muita influência na sua movimentação no solo, ou seja,

quanto menor o tempo entre a aplicação e a precipitação, maior a tendência de o herbicida apresentar maior lixiviação no solo. O que indica a não fitointoxicação das plantas picão-preto no solo mais profundo sob a precipitação 62 mm e 114 mm, apesar deste herbicida ser capaz de chegar a profundidade de 3-6 cm. Porém se sabe que o herbicida s-metolachlor tem atingido águas subterrâneas conforme estudos da ocorrência de herbicida em águas subterrâneas de regiões agrícolas no sul da Geórgia (EUA), entre os agroquímicos detectados o metolachlor foi constatado em detectado em 67% das amostras analisadas de águas subterrâneas (PITTMAN; BERNDT, 2003).

Tabela 7a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 38,7(0,65) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 86,2(1,36) a	A 0,0(0,00) c	A 21,2(0,47) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 6,2(0,13) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		55,078**			28,417**	
F Profundidade (P)		55,078**			54,171**	
F (C) X (P)		55,078**			22,971**	
C.V. (%)		13,0			12,3	
d.m.s. (C)		0,06			0,17	
d.m.s. (P)		0,08			0,22	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 7b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 86,2(1,36) a	A 9,0(0,30) c	A 67,5(0,97) b	A 90,0(1,40) ab	A 87,5(1,22) b	A 99,0(1,52) a
3-6	B 25,0(0,46) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 62,5(1,04) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b
6-9	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		22,043**			9,709**	
F Profundidade (P)		87,180**			134,912**	
F (C) X (P)		12,406**			9,140**	
C.V. (%)		88,5			67,0	
d.m.s. (C)		0,19			0,24	
d.m.s. (P)		0,25			0,31	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Observa-se na Tabela 8a aos 5 DAS, que somente o tratamento com precipitação de 31 mm proporcionou fitointoxicação as plantas de capim-marmelada aos 0-3 cm de profundidade. No entanto aos 7 DAS as três precipitação determinaram injurias na planta daninha na profundidade de 0-3 cm para o acúmulo de 31 mm e na de 0-6 cm para o acúmulo de precipitação de 62 e 114 mm. Já nos dados da Tabela 8b, evidenciam que aos 10 e 12 DAS, os tratamentos que permaneceu sob um acúmulo de precipitação de 31 e 62 mm, a lixiviação do herbicida s-metolachlor alcançou até 9 cm de profundidade, e que sob um acúmulo de 114 cm a lixiviação permaneceu nos 6 cm de profundidade.

Os resultados encontrados para as plantas indicadoras estudadas, no solo argiloso, demonstram que a lixiviação do herbicida s-metolachlor está relacionada ao volume da precipitação e ao tempo para seu acúmulo. Ressalta-se que dentre as cinco espécies bioindicadoras avaliadas as que se mostraram mais sensíveis ao s-metolachlor e que permitiram visualizar a presença do herbicida em maiores profundidades foi o pepino (Tabela 4b) e capim-marmelada (Tabela 8b). O uso de espécies bioindicadoras é muito comum em

estudos do comportamento de herbicidas no solo (GUERRA et al., 2011), porém o uso de maior número de espécie permite dados mais confiáveis da mobilidade do herbicida.

Assim, a lixiviação do s-metolachlor na condição em que este estudo foi conduzido permaneceu de maneira geral conforme as espécies bioindicadoras testadas, na camada de 0-9 cm de profundidade variando entre as espécie e as três precipitações acumulada. O herbicida s-metolachlor permaneceu mais concentrado na camada de 0-3 cm do solo o que proporcionou uma maior fitointoxicação as espécies bioindicadoras sendo que com o aumento da profundidade esta fitointoxicação diminuiu, mas permitiu observar a presença do herbicida nas profundidades mais elevadas do solo argiloso testado neste experimento. Estes resultados corresponde com os de Monquero et al. (2008), nos quais os herbicidas testados apresentaram tendência a serem lixiviados por influência das precipitações pluviais ou de irrigações artificiais, cuja movimentação no perfil do solo pode determinar a seletividade e/ou a eficiência no controle de plantas daninhas, assim como o potencial de contaminação de águas subterrâneas.

Tabela 8a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 42,5(0,71) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 21,2(0,41) b	A 35,0(0,63) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	B 7,5(0,19) a	B 6,2(0,21) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		414,329**			18,367**	
F Profundidade (P)		414,329**			165,056**	
F (C) X (P)		414,329**			30,293**	
C.V. (%)		48,14			65,2	
d.m.s. (C)		0,02			0,13	
d.m.s. (P)		0,03			0,18	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 8b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 53,7(0,82) c	A 85,0(1,19) b	A 100,0(1,57) a	A 93,7(1,35) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 17,5(0,36) a	B 23,7(0,43) a	B 18,7(0,44) a	B 52,5(0,81) a	B 39,2(0,60) ab	B 23,7(0,50) b
6-9	BC 7,5(0,19) a	C 2,5(0,08) a	C 0,0(0,00) a	C 18,7(0,33) a	C 2,5(0,08) ab	C 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		5,046**			3,238*	
F Profundidade (P)		137,611**			156,555**	
F (C) X (P)		4,778**			1,338 ^{ns}	
C.V. (%)		58,6			52,3	
d.m.s. (C)		0,21			0,25	
d.m.s. (P)		0,27			0,32	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Verifica-se na Tabela 9a aos 5 DAS, no qual utilizou-se plantas de pepino como planta indicadora, que o herbicida s-metolachlor permaneceu com a precipitação acumulada de 36 e 116 mm na camada de 0-6 cm do solo médio arenoso e, na camada de 6-9 cm com a precipitação 65 mm. Aos 7 DAS, a lixiviação do s-metolachlor também atingiu a camada de solo de 6-9 cm, com a precipitação de 116 mm. Na Tabela 9b, aos 10 DAS, observa-se que, a lixiviação do herbicida s-metolachlor permaneceu na camada de 0-6 cm quando o solo estava sob uma precipitação acumulada de 31 mm; já na precipitação de 65 mm o produto teve uma lixiviação no perfil do solo entre a camada de 0-9 cm e na precipitação de 116 mm o s-metolachlor chegou até a profundidade de 12 cm. Na avaliação realizada aos 12 DAS, o s-metolachlor teve uma lixiviação mantida no solo médio arenoso de até 6 cm de profundidade para precipitação de 36 mm, porém nas precipitações maiores (65 e 116 mm) o herbicida s-metolachlor proporcionou uma lixiviação até 12 cm de profundidade.

Os resultados evidenciam que, a lixiviação do herbicida está relacionado ao acúmulo de precipitação no período de condução do estudo, uma vez que a

maior lixiviação esteve ligada as maiores precipitações (65 e 116 mm), comprovando a facilidade do herbicida em descer pelo perfil de solo médio arenoso devido a pressão exercida pela infiltração de água neste tipo de solo. Resultados semelhantes obteve Inoue et al. (2010), que independentemente da lâmina de água aplicada, as moléculas de s-metolachlor foram carregadas para profundidades superiores a 5 cm em solos arenoso, no qual as lâminas iguais ou maiores que 80 mm proporcionaram movimentação do herbicida até a profundidade de 15-20 cm confirmando que, quando maior a lâmina de precipitação, maior o arraste vertical das moléculas de s-metolachlor, em solos de textura arenosa. As chuvas e/ou irrigações interferem na ação dos herbicidas, dependendo do momento em que ocorrem, do volume e da intensidade, aliado ao fato que a maioria dos herbicidas não é suficientemente eficiente se aplicada em solos secos, deve-se ressaltar que a água é uma molécula bastante polar e pode competir com os herbicidas por sítios de adsorção nos colóides do solo, em solos secos, os compostos são firmemente adsorvidos, enquanto em solos úmidos eles se apresentam mais dissolvido na solução do solo (PROCÓPIO et al., 2001b) o que facilita a sua lixiviação.

Tabela 9a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 26,2(0,53) a	A 12,5(0,36) b	A 10,0(0,31) b	A 46,2(0,74) a	A 33,7(0,61) ab	A 20,0(0,45) b
3-6	B 7,5(0,19) a	A 7,5(0,27) a	A 7,5(0,27) a	B 22,5(0,42) a	A 21,2(0,47) a	A 16,2(0,40) a
6-9	C 0,0(0,00) a	B 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	B 6,7(0,22) a	B 5,0(0,16) ab
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,651 ^{ns}			1,065 ^{ns}	
F Profundidade (P)		71,623 ^{**}			65,281 ^{**}	
F (C) X (P)		2,234 [*]			1,822 ^{ns}	
C.V. (%)		75,7			69,7	
d.m.s. (C)		0,10			0,17	
d.m.s. (P)		0,13			0,22	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 9b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 51,2(0,79) b	A 72,5(1,02) a	A 33,7(0,61) c	A 78,5(1,09) a	A 78,7(1,09) a	A 53,7(0,82) b
3-6	A 37,5(0,65) b	A 55,0(0,84) a	A 42,5(0,70) ab	B 58,7(0,87) a	B 58,7(0,87) a	A 50,7(0,79) a
6-9	B 0,0(0,00) b	B 22,5(0,48) a	A 25,0(0,50) a	C 0,0(0,00) b	C 37,5(0,65) a	A 38,7(0,67) a
9-12	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 5,0(0,11) a	C 0,0(0,00) b	D 8,7(0,21) a	B 6,2(0,13) ab
12-15	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		9,564**			10,018**	
F Profundidade (P)		137,528**			221,864**	
F (C) X (P)		6,004**			9,776**	
C.V. (%)		43,0			32,1	
d.m.s. (C)		0,17			0,16	
d.m.s. (P)		0,22			0,21	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Na Tabela 10a encontra-se os dados de fitotoxicidade observados nas plantas de alface, devido a aplicação do herbicida s-metolachlor em pré-emergência em um solo de textura média arenosa. A avaliação realizada aos 5 DAS, permite verificar que o herbicida desceu no perfil do solo até a camada de 3-6 cm sob uma precipitação de 36 mm. Já aos 7 DAS, registra-se que a molécula de s-metolachlor atingiu até a camada de 9-12 cm para a precipitações 65 e 116 mm e permaneceu na profundidade de 3-6 cm para a precipitação de 36 mm. Já na Tabela 10b nota-se para as avaliações aos 10 e 12 DAS que o herbicida s-metolachlor apresentou maior lixiviação sob maiores precipitação (65 e 116 mm), devido a fitotoxicidade encontrada nas plantas de alface que nasceram na camada de 9-12 cm, sendo que sob uma precipitação de 36 mm nas mesma época de avaliação, a molécula de s-metolachlor desceu no perfil do solo médio arenoso testado somente até a profundidade de 6-9 cm.

A molécula de s-metolachlor tem menor capacidade de retenção em solos médio arenosos conforme os dados da Tabela 10a e 10b, pois proporcionou injurias elevadas as plantas de alface na camada de 9-12 cm de profundidade, o que confirma a

capacidade de movimentação desta molécula no perfil de solos mais arenoso. Ressalta-se que Cañero et al. (2010) ao estudarem a lixiviação de herbicida s-metolachlor em um solo com resíduo orgânico registrou que a lixiviação do herbicida foi fortemente atrasado quando comparado com o mesmo solo sem a presença de resíduos orgânicos. Estes atribuíram ao aumento da matéria orgânica a capacidade de realizar a lixiviação do herbicida. Assim os teores baixos de matéria orgânica ora encontrados no solo deste estudo contribuíram para a lixiviação do s-metolachlor até 12 cm de profundidade. Resultados dessas investigações podem ser utilizados para determinar o potencial de mobilidade dos agroquímicos e a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, assim como fornecer subsídios para planejamento e implantação de políticas públicas pelos órgãos governamentais (LOURENCETTI et al., 2007).

Tabela 10a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 38,7(0,67) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 40,0(0,68) b	A 41,2(0,69) b
3-6	B 1,2(0,05) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 5,0(0,11) b	A 40,0(0,68) a	A 37,5(0,65) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	B 15,0(0,39) a	B 17,5(0,42) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	C 5,0(0,19) a	C 5,0(0,11) ab
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		120,115**			1,247 ^{ns}	
F Profundidade (P)		100,130**			191,712**	
F (C) X (P)		100,130**			31,476**	
C.V. (%)		89,4			38,1	
d.m.s. (C)		0,04			0,14	
d.m.s. (P)		0,05			0,19	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))"

Tabela 10b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 95,2(1,36) a	A 72,5(1,03) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 83,5(1,25) a
3-6	B 82,5(1,16) ab	A 91,2(1,28) a	A 65,0(0,94) b	A 100,0(1,57) a	A 99,2(1,51) a	A 82,0(1,19) a
6-9	C 12,5(0,26) b	A 72,5(1,04) a	A 47,5(0,75) a	B 28,7(0,43) b	A 84,5(1,29) a	A 74,7(1,15) a
9-12	C 0,0(0,00) b	B 20,0(0,39) a	B 20,0(0,27) ab	B 0,0(0,00) b	B 40,0(0,61) a	B 24,5(0,35) ab
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,173**			4,036*	
F Profundidade (P)		115,498**			78,434**	
F (C) X (P)		4,554**			2,728**	
C.V. (%)		42,3			49,3	
d.m.s. (C)		0,30			0,43	
d.m.s. (P)		0,39			0,56	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))"

Na Tabela 11a pode-se observar que existe um aumento gradativo da lixiviação do herbicida s-metolachlor na avaliação correspondente aos 5 DAS, no qual o solo médio arenoso sob uma precipitação de 36 mm, manteve o herbicida na camada de 0-3 cm de profundidade, ainda aos 65 mm de precipitação o s-metolachlor chegou a camada de 3-6 cm do solo e sob uma precipitação de 116 mm, a molécula do s-metolachlor desceu no perfil do solo até a camada de 6-9 cm. Aos 7 DAS, nota-se que o herbicida lixiviou até a camada de 3-6 cm para precipitação de 36 mm e, sob a precipitação de 65 e 116 mm, a molécula do herbicida chegou até a profundidade de 6-9 cm. Já na Tabela 11b, aos 10 e 12 DAS, registra-se que o s-metolachlor permaneceu na faixa de profundidade de 0-9 cm para os três acúmulos de precipitação, de acordo com a fitotoxicidade expressa pelas plantas de sorgo utilizada como plantas indicadoras.

Procópio et al. (2001a) trabalhando com diferentes solos, constatou que o s-metolachlor apresentou maior lixiviação no solo arenoso, verificados pelos sintomas de intoxicação presente nas plantas de sorgo em todas as camadas de solo avaliada, havendo injúrias até na última camada estudada (15-20 cm) em ambos os tipos de irrigação utilizado. Já

no estudo ora conduzido em Botucatu, a lixiviação concentrou-se até a camada de 6-9 cm devido ser um solo de textura média arenosa, contendo uma certa quantidade de argila.

Tabela 11a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 6,2(0,25) ab	A 12,5(0,35) a	A 6,2(0,17) b	A 27,5(0,55) a	A 33,2(0,61) a	A 23,7(0,48) a
3-6	B 0,0(0,00) b	A 5,0(0,19) a	A 6,2(0,18) a	B 1,7(0,06) b	AB 17,5(0,36) a	AB 23,7(0,42) a
6-9	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	AB 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	BC 2,5(0,08) a	BC 5,7(0,17) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	2,020 ^{ns}			2,044 ^{ns}		
F Profundidade (P)	19,749**			29,094**		
F (C) X (P)	1,925*			1,358 ^{ns}		
C.V. (%)	14,5			11,6		
d.m.s. (C)	0,12			0,21		
d.m.s. (P)	0,16			0,28		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))"

Tabela 11b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 48,7(0,77) b	A 84,2(1,18) a	A 22,5(0,47) c	A 78,2(1,09) b	A 94,7(1,43) a	A 88,7(1,28) ab
3-6	B 10,0(0,27) b	A 71,2(1,01) a	A 25,0(0,43) b	AB 20,0(0,40) b	A 78,5(1,13) a	B 31,2(0,55) b
6-9	B 2,5(0,08) a	B 12,5(0,26) a	AB 8,7(0,26) a	BC 5,0(0,11) a	B 13,7(0,27) a	C 6,2(0,18) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	13,010**			8,384**		
F Profundidade (P)	55,369**			113,870**		
F (C) X (P)	5,658**			3,293**		
C.V. (%)	74,9			56,7		
d.m.s. (C)	0,25			0,25		
d.m.s. (P)	0,32			0,33		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))"

A porcentagem de fitotoxicidade verificadas nas plantas de picão-preto, está apresentada nas Tabelas 12a e 12b. Registra-se aos 5 DAS que somente o tratamento que teve uma precipitação 36 mm, proporcionou fitointoxicação as plantas de picão-preto apenas na camada de 0-3 cm de profundidade (Tabela 12a). Aos 7 DAS, tanto as amostras de solo retirada com o acúmulo de precipitação de 36 mm, quanto o com acúmulo de 65 mm, apresentou injurias provocadas pelo herbicida s-metolachlor apenas na camada de 0-3 cm do solo médio arenoso (Tabela 12a). A avaliação realizada aos 10 e 12 DAS (Tabela 12b), evidencia que o herbicida s-metolachlor permanece somente na camada de 0-3 cm do solo de textura arenosa, indiferente na precipitação acumulada, com exceção do tratamento com 65 mm que atingiu a profundidade de 0-6 cm.

Ressalta-se que o comportamento dos dados (Tabela 12a e 12b), está ligado a possível capacidade da espécie de picão-preto realmente representar de forma gradual a real lixiviação que ocorreu com o herbicida s-metolachlor. Este fator a compromete como espécie bioindicadora precisa, pois com o aumento da profundidade o herbicida reduz sua concentração devido a diluição na solução do solo, uma vez que a baixa capacidade de controle desta espécie pelo herbicida s-metolachlor foi confirmado em um trabalho realizado por Dan et al. (2010a), no qual dentre os tratamentos testado no controle de *B. pilosa*, o s-metolachlor apresentou controle insatisfatório de 71% na condição de aplicação em pré-emergência. Freitas et al. (2006) avaliando a eficiência dos herbicidas s-metolachlor, em pré-emergência, constatou baixo desempenho no controle de espécies como *Bidens sp.*, sendo necessário mais espécies bioindicadoras pra representar o real potencial de lixiviação do herbicida s-metolachlor.

Tabela 12a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 35,0(0,62) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 4,5(0,15) b	A 0,0(0,00) c
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		108,685**		288,684**		
F Profundidade (P)		108,685**		380,894**		
F (C) X (P)		108,685**		288,684**		
C.V. (%)		93,9		50,2		
d.m.s. (C)		0,04		0,06		
d.m.s. (P)		0,05		0,07		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”

Tabela 12b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 43,7(0,72) b	A 7,7(0,28) c	A 100,0(1,57) a	A 50,0(0,84) b	A 7,7(0,28) c
3-6	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 2,5(0,08) a	B 0,0(0,00) a
6-9	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		37,677**		17,410**		
F Profundidade (P)		195,513**		101,654**		
F (C) X (P)		37,677**		17,673**		
C.V. (%)		70,0		94,0		
d.m.s. (C)		0,12		0,18		
d.m.s. (P)		0,16		0,24		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”

Registra-se na Tabela 13a, aos 5 DAS que a fitotoxicidade apresentado pelas plantas de capim-marmelada e que foi proporcionado pelo herbicida s-metolachlor, apresentou-se visível apenas na camada de 0-3 cm do solo médio arenoso, sob uma precipitação de 36 mm. Já os dados da avaliação realizadas aos 7 DAS, demonstram que o s-metolachlor sob uma precipitação de 36 mm manteve-o restrito a camada superficial (0-3 cm) do solo, no entanto a lixiviação do herbicida sob um acúmulo de precipitação de 65 mm, fez com que o herbicida chegasse a profundidade de 6-9 cm e ainda sob uma precipitação de 116 mm, segundo a lixiviação do s-metolachlor foi notada na camada de 3-6 cm de profundidade. Na Tabela 10b, aos 10 e 12 DAS, verifica-se que o herbicidas de forma semelhante a avaliação realizada aos 7 DAS (Tabela 13a), no entanto nota-se um aumento da fitotoxicidade nas plantas de capim-marmelada, principalmente na camada superficial (0-3 cm) do solo de textura média arenosa, chegando a 100% aos 12 DAS.

Diante deste contexto pode-se notar que a fitointoxicação do herbicida s-metolachlor variou de como a espécie bioindicadoras pode responder ao efeito fitotóxico do herbicida, uma vez que a concentração do produto reduz-se com o aumento da profundidade de lixiviação, permitindo que na camada superficial do solo a espécie indicadora chega a ter 100% de controle, e nas camadas mais profunda o herbicida cause somente alguns sintomas de injurias.

Os resultados encontrados para as plantas indicadoras analisadas no solo arenoso, demonstraram que dentro as cinco espécies indicadoras estudadas as que se mostraram mais sensíveis ao herbicidas s-metolachlor e que permitiram visualizar o herbicida em maiores profundidade foram o pepino (Tabela 9b) e a alface (Tabela 10b).

A aplicação do herbicida s-metolachlor em solo de textura média arenosa permitiu uma maior lixiviação das moléculas de s-metolachlor em relação a aplicação feita em solo argiloso. No estudo ora conduzido pode-se verificar que nas maiores precipitação (65 e 116 mm) a molécula alcançou a profundidade de até 12 cm em solo de textura média arenosa, apresentando maior lixiviação do que observado para o solo de textura argilosa, no qual sob uma precipitação de 62 e 114 mm apresentou uma lixiviação até 9 cm de profundidade. Já, quando submetido ao acúmulo de precipitação menor (36 mm) o solo de textura médio arenoso chegou a descer no perfil do solo até a profundidade de 9 cm, em contrapartida solo argiloso sob uma precipitação de 31 mm, permitiu que s-metolachlor

movimentasse no perfil do solo até a profundidade de 6 cm. Este transporte de agroquímicos por fluxo de massa é regido por fatores como a intensidade e distribuição de chuvas, as práticas de irrigação, além do coeficiente de adsorção entre o agroquímico e o solo e que parece ser o parâmetro mais importante que afeta a mobilidade dos agroquímicos no solo (HEATWOLE et al., 1992). A lixiviação do s-metolachlor foi restrita no solo testados, porém não garante a segurança na contaminação ambiental devido ao uso excessivo.

Tabela 13a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 42,5(0,71) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 17,5(0,43) c	A 46,2(0,72) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	A 22,5(0,49) a	B 30,0(0,57) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	A 17,5(0,37) a	C 0,0(0,00) b
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		1680,333**			3,328*	
F Profundidade (P)		1680,333**			370,032**	
F (C) X (P)		1680,333**			81,213**	
C.V. (%)		23,9			33,4	
d.m.s. (C)		0,01			0,09	
d.m.s. (P)		0,15			0,12	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

*significativo a 1% de probabilidade.

**significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsin(\sqrt{x/100})$ ”

Tabela 13b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 97,5(1,49) a	A 97,2(1,36) a	A 95,0(1,45) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 0,0(0,00) c	A 85,0(1,19) b	A 97,5(1,49) a	B 0,0(0,00) b	A 99,5(1,53) a	A 99,7(1,54) a
6-9	B 0,0(0,00) b	B 60,0(0,89) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 70,0(1,11) a	B 0,0(0,00) b
9-12	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	41,038**			58,744**		
F Profundidade (P)	284,191**			291,036**		
F (C) X (P)	34,556**			37,277 ^{ns}		
C.V. (%)	34,1			33,0		
d.m.s. (C)	0,18			0,20		
d.m.s. (P)	0,24			0,27		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”

6.2. Metribuzin

Observa-se na Tabela 14a, aos 5 DAS, que após uma precipitação de 31 mm o metribuzin foi carregado até a camada de 6-9 cm de profundidade, conforme a fitotoxicidade encontrada nas plantas de pepino, sendo que para o acúmulo de 62 mm o herbicida ficou posicionado apenas na camada superficial de 0-3 cm. Na avaliação realizada aos 7 DAS, a lixiviação do metribuzin alcançou a profundidade de 9-12 cm sob um acúmulo de precipitação de 31 e 114 mm, no entanto sob uma precipitação 62 mm este produto ficou restrito até a camada de 3-6 cm do solo argiloso. Na Tabela 14b, aos 10 DAS, registra-se que o herbicida metribuzin, sob uma precipitação de 31 mm, foi carregado até a camada de 9-12 cm de profundidade e, ainda sob um maior acúmulo de precipitação (62 mm), a lixiviação do metribuzin atingiu até a profundidade de 12-15 cm; já sob uma precipitação de 114 mm o metribuzin foi constatado até a profundidade de 15-20 cm do solo argiloso de acordo a fitotoxicidade notadas das plantas de pepino.

A avaliação realizada aos 12 DAS (Tabela 14b), evidencia uma grande capacidade de mobilidade do herbicida metribuzin nas condições em que o estudo foi conduzido, pois sob uma precipitação de 31 e 62 mm, as moléculas do pesticida chegaram até uma profundidade de 15 cm do solo, e quando submetido a uma precipitação maior (114 mm) estas foram lixiviadas até 20 cm de profundidade. Tal fato, evidencia que o metribuzin é facilmente lixiviado no solo, não sendo recomendado seu uso em solo arenoso e ou com baixo nível de matéria orgânica (SILVA, 1989). Em trabalhos feito por Oliveira et al. (1999), a lixiviação do metribuzin foi afetada pela condição inicial de umidade do solo e pela lâmina de chuva simulada, uma vez que no solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizando plantas de pepino como bioindicadora mostrou que o metribuzin atingiu a profundidade de 45 cm sob uma simulação de 90 mm de chuva.

Tabela 14a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 10,0(0,31) a	A 5,0(0,19) b	A 0,0(0,00) b	A 27,5(0,54) a	A 15,2(0,39) a	A 22,5(0,49) a
3-6	A 11,2(0,32) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 22,5(0,48) a	B 5,5(0,16) b	A 16,2(0,40) a
6-9	B 2,5(0,11) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 8,5(0,29) b	B 0,0(0,00) c	A 23,7(0,48) a
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 1,7(0,06) b	B 0,0(0,00) b	A 22,5(0,48) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		31,014**			28,102**	
F Profundidade (P)		20,475**			55,965**	
F (C) X (P)		10,520**			7,991**	
C.V. (%)		12,8			55,0	
d.m.s. (C)		0,08			0,14	
d.m.s. (P)		0,11			0,19	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))"

Tabela 14b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 86,7(1,21) a	A 91,2(1,27) a	A 65,0(0,94) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 90,7(1,31) a
3-6	A 80,0(1,11) a	A 82,5(1,14) a	A 77,5(1,08) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 90,5(1,31) a
6-9	B 32,5(0,60) b	A 74,0(1,03) a	A 81,2(1,13) a	A 98,7(1,51) ab	A 90,7(1,21) b	A 99,7(1,54) a
9-12	C 6,2(0,21) b	B 45,0(0,73) a	A 63,7(0,93) a	B 73,2(1,06) b	B 69,5(1,00) b	A 94,2(1,41) a
12-15	C 0,0(0,00) b	C 8,7(0,15) b	B 40,0(0,67) a	C 7,5(0,24) b	C 13,7(0,21) b	B 60,7(0,89) a
15-20	C 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	C 15,0(0,28) a	C 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	C 22,5(0,43) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		25,606**			8,811**	
F Profundidade (P)		160,223**			228,438**	
F (C) X (P)		8,915**			6,223**	
C.V. (%)		25,7			20,4	
d.m.s. (C)		0,22			0,26	
d.m.s. (P)		0,29			0,34	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”

A porcentagem de fitotoxicidade nas planta de alface da Tabela 15a expressa a lixiviação do herbicida metribuzin sob três precipitação acumuladas. Ao avaliar esta fitotoxicidade aos 5 DAS, se nota que o metribuzin movimentou no solo argiloso até a camada de 9-12 cm de profundidade após um precipitação acumulada de 31 mm. Na avaliação realizada aos 7 DAS, se pode notar que a lixiviação do metribuzin, foi muito grande, atingindo profundidade de 9-12 cm sob uma precipitação de 31 mm, além de chegar até a camada de 6-9 cm quando a precipitação acumulada foi de 62 mm, e ainda na maior precipitação (114 mm), o herbicida metribuzin atingiu a profundidade de 15-20 cm do solo argiloso.

A Tabela 15b, expressa os dados aos 10 DAS mostrando que o herbicida metribuzin chegou até a profundidade de 9-12 cm sob a precipitação de 31 mm, e com aumento da precipitação para 62 mm está molécula atingiu a profundidade de 12-15 cm, e acompanhando a mesma tendência a precipitação de 114 mm permitiu que o metribuzin atingisse na camada de 15-20 cm deste tipo de solo. Já nas avaliações realizada aos 12 DAS, as precipitações de 31 e 62 mm, permitiram que o herbicida metribuzin fosse diagnosticado na

camada de 12-15 cm e sob a precipitação de 114 mm o mesmo alcançasse a camada de 15-20 cm deste solo.

Verifica-se nas Tabelas 15a e 15b, a influência da precipitação sobre a lixiviação do herbicida metribuzin mesmo em um solo argiloso, sendo que com o aumento da precipitação teve-se uma maior lixiviação do metribuzin no perfil do solo. Tal fato torna importante os estudos de metribuzin como contaminante de lençol freático, uma vez que estudos de lixiviação de diferentes herbicidas comercializados no estado do Paraná, entre estes o metribuzin foi classificado como de alto potencial de lixiviação (INOUE et al., 2003).

Tabela 15a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 20,0 (0,44) a	A 0,0 (0,00) b	A 0,0 (0,00) b	A 48,5 (0,77) a	A 7,5 (0,20) c	A 23,7 (0,50) b
3-6	A 26,2 (0,52) a	A 0,0 (0,00) b	A 0,0 (0,00) b	A 43,2 (0,72) a	A 12,5 (0,30) b	A 15,0 (0,39) b
6-9	B 8,7 (0,26) a	A 0,0 (0,00) b	A 0,0 (0,00) b	B 22,7 (0,47) a	A 22,5 (0,45) a	A 11,7 (0,34) a
9-12	BC 3,7 (0,10) a	A 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	B 13,7 (0,30) a	B 0,0 (0,00) b	A 17,5 (0,41) a
12-15	C 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	C 2,0 (0,07) b	B 0,0 (0,00) b	A 12,5 (0,34) a
15-20	C 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	C 0,0 (0,00) a	B 0,0 (0,00) a	B 7,5 (0,18) a
20-25	C 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	C 0,0 (0,00) a	B 0,0 (0,00) a	B 0,0 (0,00) a
25-30	C 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	A 0,0 (0,00) a	C 0,0 (0,00) a	B 0,0 (0,00) a	B 0,0 (0,00) a
F Precipitação (C)		48,650**			16,228**	
F Profundidade (P)		10,357**			30,719**	
F (C) X (P)		10,357**			5,177**	
C.V. (%)		14,4			57,3	
d.m.s. (C)		0,13			0,22	
d.m.s. (P)		0,17			0,29	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 15b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 76,2(1,07) a	A 76,2(1,07) a	A 78,7(1,11) a	A 100,0(1,57) a	A 96,7(1,44) a	A 98,2(1,48) a
3-6	A 68,2(0,98) a	A 68,7(0,98) a	A 67,5(0,96) a	A 100,0(1,57) a	A 99,5(1,53) a	A 95,7(1,37) a
6-9	B 36,5(0,62) b	A 67,5(0,97) a	A 85,0(1,18) a	A 100,0(1,57) a	A 94,2(1,35) a	A 97,0(1,45) a
9-12	B 22,5(0,41) b	B 22,5(0,46) b	A 70,0(1,00) a	B 71,2(1,14) a	B 46,7(0,76) b	A 93,2(1,35) a
12-15	C 0,0(0,00) b	C 2,5(0,08) b	A 47,5(0,76) a	C 2,0(0,07) b	C 15,0(0,29) b	A 82,5(1,20) a
15-20	C 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	B 17,5(0,36) a	C 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	B 30,0(0,51) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		28,711**			15,245**	
F Profundidade (P)		98,415**			159,867**	
F (C) X (P)		4,964**			7,126**	
C.V. (%)		31,7			23,9	
d.m.s. (C)		0,27			0,31	
d.m.s. (P)		0,35			0,41	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Os mais baixos valores de porcentagem de fitotoxicidade observado nas plantas de sorgo e que estão apresentados nas Tabelas 16a e 16b, não mostram claramente a real lixiviação do herbicida metribuzin em todas as precipitações acumuladas em solo de textura argilosa, como verificados com as plantas de pepino e alface. Aos 5 DAS, as plantas de sorgo não apresentaram nenhuma fitotoxicidade decorrente da aplicação do herbicida metribuzin e na avaliação dos 7 DAS, pode-se notar que as plantas de sorgo apresentaram injurias apenas nas camadas de 0-3 e 3-6 cm, sob as precipitações de 31 e 62 mm respectivamente, e não houve fitointoxicação nas plantas de sorgo sob a precipitação de 114 mm. Aos 12 DAS, a lixiviação do herbicida metribuzin foi expressiva sob as precipitações de 31 e 62 mm, permitindo que a molécula deste herbicida atingisse a camada de 9-12 cm de profundidade, porém sob a precipitação de 114 mm não se registrou sintomas de injurias nas plantas de sorgo devido a possível presença do herbicida metribuzin no perfil do solo.

Os resultados apresentados nas Tabelas 16a e 16b confirmam a lixiviação do herbicida metribuzin nas precipitações de 31 e 62 mm até 12 cm de profundidade, mas devido ao período de coleta aos 16 dias das amostra com 114 mm de

precipitação, a concentração do herbicida metribuzin não foi suficiente a para expressar alguma fitointoxicação nas plantas de sorgo. Trabalho realizado por Bowman (1991) confirmam o potencial de lixiviação, pois quando submetido ao regime de chuva de 95 mm, uma quantidades substancial de metribuzin moveu-se até 30 cm de profundidade. Deve se ressaltar que o herbicida aplicado ao solo pode não fica disponível em algum nível, tendo sua atividade reduzida, proporcionalmente à quantidade adsorvida, permanecendo em estado passivo, não disponível para os processos biológicos, físicos e químicos até à ocorrência do processo de adsorção negativa, o que permite que a finalidade do produto seja cumprida, em manter a cultura livre de plantas daninhas até o momento, que não mais irão interferir na produtividade da cultura, prejudicar a colheita e qualidade do produto (FREITAS et al., 1999).

Tabela 16a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 8,7(0,29) a	A 2,5(0,11) b	A 0,0(0,00) c
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 4,5(0,20) a	AB 1,2(0,05) b	A 0,0(0,00) b
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}			21,539**	
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}			22,790**	
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}			9,619**	
C.V. (%)		0,0			13,5	
d.m.s. (C)		0,00			0,06	
d.m.s. (P)		0,00			0,08	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 16b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 58,7(0,88) a	A 15,0(0,39) b	A 0,0(0,00) c	A 76,2(1,07) a	A 20,0(0,45) b	A 0,0(0,00) c
3-6	A 46,0(0,74) a	A 10,0(0,27) b	A 0,0(0,00) c	A 63,7(0,93) a	A 12,5(0,31) b	A 0,0(0,00) c
6-9	B 18,7(0,32) a	B 2,5(0,08) b	A 0,0(0,00) b	B 31,5(0,59) a	B 5,0(0,11) b	A 0,0(0,00) b
9-12	C 1,2(0,05) a	B 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	28,580**			121,767**		
F Profundidade (P)	19,637**			75,397**		
F (C) X (P)	7,659**			32,308**		
C.V. (%)	13,0			56,7		
d.m.s. (C)	0,22			0,14		
d.m.s. (P)	0,29			0,18		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Observa-se na Tabela 17a que aos 5 DAS a capacidade de lixiviação do herbicida metribuzin, através da fitotoxicidade encontradas nas plantas de picão-preto não foi expressiva quanto na avaliação dos 7 DAS, no qual se pode verificar que o aumento da precipitação proporcionou um aumento da profundidade em que o herbicida pode chegar no solo. Nesta segunda época de avaliação a precipitação de 31 mm permitiu que o herbicida metribuzin lixiviasse até a camada de 6-9 cm, no entanto sob uma precipitação de 62 mm o herbicida atingiu a camada de 9-12 cm do solo e na maior precipitação (114 mm) o produto transportado pela água alcançou a camada de 12-15 cm de profundidade. Na Tabela 17b, aos 10 DAS, pode-se notar um aumento a fitotoxicidade nas plantas de picão-preto e da lixiviação do metribuzin chegando a maior profundidade registrada (20 cm com 114 mm de chuva), já na avaliação de 12 DAS, o metribuzin manteve-se na camada de 15-20 cm do solo argiloso sob uma precipitação de 114 mm, seguido da precipitação de 62 mm, no qual a molécula do herbicida foi diagnosticada pela fitotoxicidade nas plantas de picão-preto na camada de 12-15 cm de profundidade e por último a precipitação de 31 mm permitiu que o metribuzin alcançasse a camada de 9-12 de profundidade no perfil do solo argiloso.

De acordo com as avaliações de fitotoxicidade realizadas nas plantas de picão-preto nas Tabelas 17a e 17b pode-se notar, que sob uma precipitação normal em solo argiloso o herbicida metribuzin está suscetível a ser carregado para águas subterrâneas principalmente se o acúmulo da precipitação for em menor tempo após a aplicação do herbicida. Estes resultado é confirmado por estudo realizado por Lagat et al. (2011), investigando a lixiviação de metribuzin em colunas de solos tropicais cultivados cana-de-açúcar no Quênia, conclui que o metribuzin é fracamente adsorvido no solo, o que permitiu a lixiviação de 90% da quantidade aplicada devido aos efeitos de vários fatores físico-químicos e condições climáticas em solos tropicais, colocando em risco a poluição dos aquíferos de água.

Tabela 17a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 12,5(0,36) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 32,5(0,60) a	A 11,2(0,33) b	AB 16,2(0,41) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 26,7(0,53) a	A 11,2(0,34) b	B 10,0(0,31) b
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 23,7(0,50) a	A 8,7(0,29) b	A 25,0(0,52) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) c	B 2,5(0,11) b	A 33,7(0,61) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 8,7(0,29) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		243,000**		35,001**		
F Profundidade (P)		243,000**		122,912**		
F (C) X (P)		243,000**		20,964**		
C.V. (%)		62,8		31,3		
d.m.s. (C)		0,01		0,10		
d.m.s. (P)		0,02		0,14		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 17b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 60,0(0,88) b	A 88,0(1,24) a	A 65,2(0,96) b	A 100,0(1,57) a	A 97,0(1,45) ab	A 90,2(1,28) b
3-6	A 48,7(0,77) b	A 87,5(1,21) a	A 64,0(0,93) b	A 97,2(1,46) a	A 96,0(1,41) a	A 93,5(1,36) a
6-9	B 25,0(0,45) b	A 77,5(1,08) a	A 88,2(1,22) a	A 92,5(1,37) a	A 95,0(1,41) a	A 99,7(1,54) a
9-12	C 0,0(0,00) b	B 51,2(0,79) a	A 67,5(0,98) a	B 10,0(0,22) b	A 91,0(1,28) a	A 98,5(1,46) a
12-15	C 0,0(0,00) b	C 2,5(0,08) b	B 43,7(0,72) a	B 0,0(0,00) b	B 7,5(0,14) b	A 86,2(1,21) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 8,7(0,21) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 37,5(0,65) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		62,958**			58,763**	
F Profundidade (P)		130,279**			276,088**	
F (C) X (P)		12,169**			24,833**	
C.V. (%)		28,4			18,1	
d.m.s. (C)		0,23			0,22	
d.m.s. (P)		0,30			0,29	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Registra-se na Tabela 18a aos 5 DAS que o herbicida metribuzin não proporcionou nenhum sintoma de intoxicação nas plantas de capim-marmelada nos diferentes acúmulos de precipitações. Já aos 7 DAS pode-se observar que o metribuzin lixiviou até a profundidade de 3-6 cm sob uma precipitação de 31 mm. Quando esta precipitação foi aumentada para 62 mm o metribuzin alcançou a camada de 9-12 cm de profundidade e sob a precipitação de 114 mm as moléculas de metribuzin atingiram a camada de 12-15 cm de profundidade do solo argiloso. Este comportamento confirmou-se nas avaliações de 10 e 12 DAS (Tabela 18b), no qual verifica-se que o herbicida metribuzin atingiu sua maior profundidade de lixiviação (12-15 cm) sob a precipitação 114 mm, seguido de precipitação de 31 e 62 mm (9-12 cm de profundidade).

Os resultados encontrados para as plantas indicadoras estudadas, no solo argiloso, demonstram que dentre as cinco espécies analisadas apenas o sorgo não se mostrou adequado como planta indicadora, pois não evidenciou fitotoxicidade na precipitação de maior acúmulo (Tabela 16a e 16b).

Ao analisar a lixiviação do herbicida metribuzin em um solo argiloso, confirmou-se que sob um acúmulo de precipitação de 31 ou 62 mm o herbicida metribuzin tende a permanecer entre a camada de 0-12 cm do solo e sob um acúmulo de precipitação de 114 mm as moléculas de metribuzin se movimentam de maneira geral numa faixa de 0-15 cm de profundidade, o que evidencia a alta lixiviação do metribuzin quando sujeito a determinado acúmulo de precipitações. Em um trabalho feito na Noruega foi observado de maneira geral, que o metribuzin apresentou grande mobilidade em horizontes dos solos mais profundo e mais retardado na camada superficial deste solo, devido à seu maior teor de matéria orgânica, no entanto o risco de transferência de metribuzin para as águas subterrâneas em solos aluviais é um risco real devido a grande utilização deste produto (POT et al., 2011).

Tabela 18a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 5,0(0,19) c	A 37,5(0,65) a	A 21,2(0,40) b
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 2,5(0,11) c	A 31,2(0,58) a	A 13,7(0,36) b
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) b	B 12,5(0,35) a	A 13,5(0,37) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) b	BC 3,7(0,17) a	AB 10,0(0,31) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	BC 2,5(0,11) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	0,000 ^{ns}			30,973**		
F Profundidade (P)	0,000 ^{ns}			34,357**		
F (C) X (P)	0,000 ^{ns}			5,855**		
C.V. (%)	0,0			65,1		
d.m.s. (C)	0,00			0,17		
d.m.s. (P)	0,00			0,22		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsin(\sqrt{x/100})$ ”.

Tabela 18b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 70,2(1,04) ab	A 94,7(1,38) a	A 52,5(0,80) b	A 100,0(1,57) a	A 99,2(1,52) a	AB 62,7(0,98) b
3-6	A 60,7(0,90) b	A 90,0(1,29) a	A 61,2(0,90) b	A 99,7(1,54) a	A 100,0(1,57) a	A 91,0(1,33) a
6-9	A 33,2(0,59) b	AB 67,5(0,97) a	A 70,0(1,00) a	A 100,0(1,57) a	A 83,7(1,17) a	A 99,7(1,54) a
9-12	B 0,0(0,00) b	B 46,2(0,74) a	A 63,7(0,94) a	A 62,5(0,98) b	A 69,5(1,09) ab	A 96,7(1,45) a
12-15	B 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	B 33,7(0,49) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 49,0(0,71) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) A	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		11,591**			0,743 ^{ns}	
F Profundidade (P)		62,447**			77,233**	
F (C) X (P)		5,068**			2,886**	
C.V. (%)		45,3			39,1	
d.m.s. (C)		0,35			0,47	
d.m.s. (P)		0,46			0,61	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas Tabelas 19a e 19b estão apresentados os dados para o herbicida metribuzin no solo de textura média arenosa para as plantas de pepino. Aos 5 DAS verifica-se que o solo sob uma precipitação de 36 e 65 mm permitiu que o herbicida metribuzin atingisse a camada de 3-6 cm. Na precipitação maior avaliada, com 116 mm, não se observou nenhum sintoma de injúria nas plantas testes de pepino. Tal fato, demonstrou que o herbicida metribuzin lixiviou para camada mais profunda do solo, acima de 30 cm. Já na avaliação realizada aos 7 DAS, na precipitação de 36 mm registro que o herbicida atingiu a profundidade de 6-9 cm mantendo o mesmo comportamento para a precipitação de 65 e 116 mm. Na avaliação dos 10 DAS (Tabela 19b), nota-se que o herbicida metribuzin atingiu camadas mais profundas, de 9-12 cm do perfil do solo arenoso, sob as precipitações de 36 e 65 mm, e aos 12 DAS observou-se a presença do herbicida na camada de 12-15 cm. Ressalta-se que na precipitação acumulada de 116 mm nas duas avaliações finais aos 10 e 12 DAS, nenhum sintoma de fitotoxicidade foi verificado nas plantas de pepino, evidenciando que a quantidade de herbicida existente na camada de 0-30 cm não são suficiente para determinar

injúrias visuais as plantas de pepino e que indicou a ocorrência de uma lixiviação intensa do herbicida para camadas mais profundas.

Tais resultados mostram que o potencial de lixiviação do metribuzin é extremamente preocupante, pois os resultados das menores precipitações (36 e 65 mm) comprovam já a capacidade de mobilidade do herbicida em solo de textura média e questiona-se a capacidade lixiviação do metribuzin sob precipitações iguais ou acima de 116 mm. Um trabalho realizado por Maqueda et al. (2008) verificaram que o metribuzin tem sido identificado em águas subterrâneas e, por ter grande mobilidade, este permitiu um excelente controle de plantas daninhas em um solo arenoso na camada 0-12 cm de profundidade. A baixa capacidade de adsorção no solo foi diagnosticada por Kodeřsová et al., (2011), ao estimar os coeficientes de adsorção de agroquímicos em solos da República Checa verificou uma relação para o metribuzin sendo um agroquímico básico de alta solubilidade e baixa capacidade adsorção o que permite um alto potencial de lixiviação atingindo camadas mais profundas e posteriormente a água subterrânea.

Tabela 19a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 7,5(0,27) a	A 1,2(0,05) b	A 0,0(0,00) b	A 23,7(0,49) a	A 5,7(0,23) b	A 0,0(0,00) c
3-6	A 3,7(0,17) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 21,2(0,42) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
6-9	B 0,0(0,00) a	A 1,2(0,05) a	A 0,0(0,00) a	B 0,7(0,04) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		9,567**			24,846**	
F Profundidade (P)		9,761**			19,988**	
F (C) X (P)		5,998*			10,176**	
C.V. (%)		18,3			14,3	
d.m.s. (C)		0,08			0,12	
d.m.s. (P)		0,10			0,15	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 19b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 83,7(1,21) a	A 83,7(1,16) a	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 95,2(1,38) a	A 0,0(0,00) b
3-6	A 75,0(1,05) a	A 77,5(1,08) a	A 0,0(0,00) b	A 97,2(1,46) a	A 89,7(1,26) a	A 0,0(0,00) b
6-9	B 54,5(0,83) a	B 67,0(0,96) a	A 0,0(0,00) b	B 75,0(1,06) a	A 90,0(1,26) a	A 0,0(0,00) b
9-12	C 16,2(0,40) b	B 58,7(0,87) a	A 0,0(0,00) c	C 41,2(0,69) a	B 62,5(0,91) a	A 0,0(0,00) b
12-15	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	D 7,5(0,19) a	C 5,0(0,16) ab	A 0,0(0,00) b
15-20	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	390,479**			353,317**		
F Profundidade (P)	239,730**			192,606**		
F (C) X (P)	64,458**			50,114**		
C.V. (%)	25,0			26,0		
d.m.s. (C)	0,13			0,18		
d.m.s. (P)	0,17			0,23		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcseno(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Nas Tabelas 20a e 20b tem-se os resultados com outra planta indicadora, a alface. Nota-se aos 5 DAS que o herbicida metribuzin desceu até a camada de 3-6 cm sob uma precipitação de 36 mm, percorrendo para a camada de 6-9 cm quando a mesma precipitação foi avaliada aos 7 DAS, sendo que sob um acúmulo de precipitação de 65 mm, permitiu que o herbicida metribuzin atingisse a camada de 9-12 cm de profundidade (Tabela 20a). No final das avaliações aos 10 e 12 DAS (Tabela 20b), nota-se que a lixiviação do metribuzin sob a precipitação de 36 mm ocorreu até a profundidade de 6-9 cm e sob a precipitação de 65 mm a lixiviação do metribuzin atingiu no máximo a camada de 9-12 cm. Os resultados encontrado sob o acúmulo de precipitação de 116 mm evidenciam uma grande perda do produto no perfil do solo ou diluição, não sendo suficiente para causar efeito fitotóxico às plantas de alface, como observado nas plantas de pepino. Segundo Stenrød et al. (2008) a dissipação de agroquímicos em condições de campo é regido pela degradação, sorção e processos transporte, os quais têm uma variabilidade intrínseca além de variar amplamente em toda a área agrícola, fazendo a interpretação clara dos resultados da área de estudo difícil mesmo que as principais perdas são conhecidas por ocorrer durante os eventos de precipitação onde ocorre a lixiviação e escoamento de agroquímicos. Entre os vários fatores que comprovam a capacidade de lixiviação do metribuzin, estudos realizados por Bakhsh et al.

(2004), demonstram perdas por lixiviação de metribuzin em 94%, dados destas simulações mostraram a relação entre as perdas por lixiviação de herbicidas com os valores de Koc na drenagem para as água subterrânea.

Tabela 20a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 21,2(0,47) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 46,2(0,74) a	A 26,2(0,53) b	A 0,0(0,00) c
3-6	B 5,0(0,23) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 23,7(0,49) a	A 26,2(0,53) a	A 0,0(0,00) b
6-9	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) b	A 18,7(0,42) a	A 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	B 3,7(0,13) a	A 0,0(0,00) b
12-15	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	602,455**			57,720**		
F Profundidade (P)	299,771**			55,069**		
F (C) X (P)	299,771**			17,602**		
C.V. (%)	39,9			65,5		
d.m.s. (C)	0,01			0,13		
d.m.s. (P)	0,02			0,17		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 20b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 92,5(1,13) a	A 90,0(1,25) a	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 96,2(1,43) a	A 0,0(0,00) b
3-6	A 82,5(1,14) a	A 75,0(1,05) a	A 0,0(0,00) b	A 99,7(1,54) a	B 78,2(1,09) a	A 0,0(0,00) b
6-9	B 31,2(0,51) b	B 45,0(0,73) a	A 0,0(0,00) c	B 33,7(0,54) b	C 51,2(0,80) a	A 0,0(0,00) c
9-12	C 0,0(0,00) b	B 25,0(0,48) a	A 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	C 30,0(0,55) a	A 0,0(0,00) b
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	130,384**			164,248**		
F Profundidade (P)	110,150**			114,686**		
F (C) X (P)	30,216**			42,017**		
C.V. (%)	43,3			38,2		
d.m.s. (C)	0,19			0,20		
d.m.s. (P)	0,25			0,26		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas Tabelas 21a e 21b, estão apresentados os resultados para a planta indicadora sorgo. Aos 5 DAS registra-se que em nenhuma precipitação acumulada observou-se sintomas de fitotoxicidade nas plantas de sorgo. Já, aos 7 DAS, verifica-se apenas efeitos tóxicos do herbicida metribuzin sobre as plantas de sorgo nas precipitações acumuladas de 36 e 65 mm, nas profundidades de 0-6 e 0-3 cm respectivamente. Aos 10 e 12 DAS, nota-se que o herbicida metribuzin alcançou até a camada de 6-9 cm sob um acúmulo de precipitação de 36 mm e que permaneceu na camada de 0-3 cm quando submetido a uma precipitação acumulada de 65 mm. O metribuzin não proporcionou fitointoxicação às plantas de sorgo quando ocorreu uma precipitação acumulada de 116 mm. Tais resultados demonstram que o sorgo não seria indicado para planta bioindicadora nas condições em que o experimento foi conduzido, pois não demonstrou a presença do herbicida no perfil do solo de textura média arenosa, como o alface e pepino. Ressalta-se, que na precipitação de 116 mm, como observados também para as plantas de pepino e alface, que o herbicida metribuzin lixiviou para camadas mais profundas e que a quantidade de produto existente nos primeiros 30 cm do perfil deste solo não foi suficiente para designar injúrias visuais a certas plantas indicadoras. Pelo fato que o metribuzin tem a característica de ligar-se muito pouco aos colóides do solo conforme estudos conduzidos em laboratório por Daniel et al. (2002), registraram que independente das propriedades das camadas superficiais e sub-superficiais de três tipos de solo da Argentina, verificaram que o potencial de lixiviação do produto era grande, podendo atingir camadas profundas como ora observados com a precipitação de 116 mm. O metribuzin se liga muito pouco no solo, assim pela existência desta variabilidade de adsorção do herbicida e biodisponibilidade no campo tem levado a diferentes estudo com o objetivo de identificação de solos que são mais vulneráveis a lixiviação herbicida e mostrando que há diferença na ligação de metribuzin em diferentes solos (SHANER et al., 2008).

Tabela 21a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 10,0(0,30) a	A 1,2(0,05) b	A 0,0(0,00) b
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 3,0(0,12) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}		11,670**		
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}		9,565**		
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}		6,017**		
C.V. (%)		0,0		23,6		
d.m.s. (C)		0,00		0,08		
d.m.s. (P)		0,00		0,10		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade. ^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 21b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 38,7(0,67) a	A 9,5(0,31) b	A 0,0(0,00) c	A 52,5(0,81) a	A 9,5(0,31) b	A 0,0(0,00) c
3-6	A 30,0(0,56) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	AB 55,7(0,88) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
6-9	A 28,7(0,48) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 35,0(0,56) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		45,911**		54,551**		
F Profundidade (P)		20,936**		21,235**		
F (C) X (P)		12,016**		14,434**		
C.V. (%)		12,8		10,3		
d.m.s. (C)		0,16		0,19		
d.m.s. (P)		0,21		0,25		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas Tabelas 22a e 22b estão apresentados os dados de fitotoxicidade para as plantas de picão-preto. Aos 5 DAS não se observou nenhum efeito do herbicida metribuzin sobre as plantas de picão-preto independente da precipitação acumulada avaliada. Já aos 7 DAS percebe-se o potencial de lixiviação do herbicida metribuzin, no qual atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade sob uma precipitação acumulada de 36 mm, e a camada de 9-12 cm com uma precipitação de 65 mm, contudo quanto ao acúmulo de 116 mm nenhum sintoma de fitotoxicidade foi observado nas plantas de picão-preto. O herbicida comportou-se de forma semelhante também nas avaliações dos 10 e 12 DAS, o que confirmou que o herbicida metribuzin sob uma precipitação acumulada de 36 mm permaneceu numa faixa no perfil do solo de textura média arenosa de 0 a 6 cm de profundidade e quando sob uma precipitação de 65 mm o metribuzin permaneceu entre uma camada de 0 a 12 cm de profundidade. Em nenhuma das épocas de profundidade estudadas observou-se qualquer sintoma visual de fitotoxicidade nas plantas de picão-preto devido a ação de herbicida metribuzin quando sob um acúmulo de precipitação de 116 mm, o que evidencia uma lixiviação acentuada do herbicida no perfil do solo.

Sabe-se que o herbicida metribuzin é muito pouco adsorvido ao solo, portanto lixívia facilmente a ponto de não ser diagnosticado pela planta bioindicadora devido a sua distribuição em todo o perfil do solo, conforme trabalhos realizados por Majumdar e Singh (2007), no qual relatam o efeito da adubação orgânica e cinzas na mobilidade do metribuzin em colunas de solo franco arenoso. Já, quando submetido a aplicação de esterco e cinzas se teve o aumento da capacidade de retenção do metribuzin entre 55% a 88% nas camadas coletadas do solo, no entanto o metribuzin recuperado em coluna de solo natural teve uma distribuição uniforme em todo perfil do solo, permitido pela livre mobilidade do herbicida seja sob irrigação ou condições de chuva onde quantias significativa do herbicida foi lixiviado para fora dos 30 cm do comprimento colunas como ora observado. Ressaltando que adsorção significativamente baixa do metribuzin pode levar a lixiviação precoce do perfil do solo quando aplicados em taxas de campo (JOHNSON, 2001).

Tabela 22a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 35,0(0,62) a	A 36,2(0,64) a	A 0,0(0,00) b
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 6,2(0,25) b	AB 32,5(0,60) a	A 0,0(0,00) c
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 1,2(0,05) b	B 25,0(0,52) a	A 0,0(0,00) b
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	0,000 ^{ns}			138,905**		
F Profundidade (P)	0,000 ^{ns}			106,695**		
F (C) X (P)	0,000 ^{ns}			37,869**		
C.V. (%)	0,0			47,7		
d.m.s. (C)	0,00			0,09		
d.m.s. (P)	0,00			0,12		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 22b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 90,0(1,26) a	A 89,2(1,28) a	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 99,0(1,50) a	A 0,0(0,00) b
3-6	AB 80,0(1,11) a	B 70,0(0,99) a	A 0,0(0,00) b	A 99,5(1,53) a	B 75,0(1,05) b	A 0,0(0,00) c
6-9	B 72,5(1,02) a	B 52,5(0,81) b	A 0,0(0,00) c	A 98,5(1,46) a	B 62,5(0,94) b	A 0,0(0,00) c
9-12	C 0,0(0,00) b	C 17,5(0,37) a	A 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	C 37,5(0,58) a	A 0,0(0,00) b
12-15	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	239,629**			234,501**		
F Profundidade (P)	199,070**			177,978**		
F (C) X (P)	53,165**			53,307**		
C.V. (%)	31,6			32,1		
d.m.s. (C)	0,15			0,19		
d.m.s. (P)	0,19			0,25		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Observa-se, aos 5 DAS (Tabela 23a), que as plantas de capim-marmelada em nenhuma das situações de precipitação estudadas apresentou sintomas visuais de fitotoxicidade provocadas pelo herbicida metribuzin. No entanto as avaliações feitas aos 7, 10 e 12 DAS, mostram um grande potencial de lixiviação do metribuzin, sendo que sob uma precipitação acumulada de 36 mm, encontrou-se produto até a camada de 6-9 cm de profundidade e sob uma precipitação de 65 mm esta fitotoxicidade foi constatada em camadas mais profundas (12-15 cm). Da mesma forma do que o observado para as demais plantas indicadoras utilizadas, sob uma precipitação acumulada de 116 mm não se registrou nenhum sintoma de fitotoxicidade nas plantas de capim-marmelada, independente da profundidade estudada, o que foi provavelmente devido a lixiviação do herbicida para camadas mais profundas.

O herbicida metribuzin sob uma precipitação de 65 mm em solo de textura média arenosa, para maioria das plantas testes, permaneceu no máximo até a camada de 12-15 cm de profundidade, e acima de 30 cm quando a ocorrência de uma precipitação acumulada de 116 mm; sendo o seu destino é desconhecido, o que aumenta a probabilidade deste herbicida contaminar lençóis freáticos. Ressalta-se que estes tratamentos foram repetidos nas mesmas condições de solo e aplicação, no qual chegou a resultados muitos semelhantes de fitotoxicidade com um acúmulo de precipitação de 118 mm (dados não publicados) mostrando haver maior lixiviação do produto em solo média arenosa do que em solo argiloso. Resultados semelhantes foram obtidos por Kjær et al. (2005), no qual examinaram o transporte de metribuzin e seus principais metabólitos em condições de campo, a fim de avaliar o risco de lixiviação para as águas subterrâneas na Dinamarca. Os pesquisadores notaram que o metribuzin podia lixiviar através de um solo arenoso em altas concentrações, podendo potencialmente contaminar águas subterrâneas. Em solos árticos, estudos em lisímetro tem demonstraram nas condições de campo, que uma degradação relativamente rápida de metribuzin combinado com processos de sorção explica uma baixa capacidade de lixiviação de metribuzin e seus resíduos nestas condições ambientais (CONN et al., 1996). Diferente do que acontece em solos tropicais onde baixa adsorção permite que o metribuzin atinja camada mais profundas nos solos.

Os resultados encontrados para as plantas indicadoras estudadas, no solo de textura média arenosa, demonstraram que dentre os cinco espécies bioindicadoras apenas o sorgo e a alface não se mostraram adequadas como plantas bioindicadoras, pois apresentaram sintomas de fitotoxicidade provocados pelo herbicida metribuzin em profundidades mais superficiais do que as plantas de pepino, picão-preto e capim-marmelada.

Tabela 23a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 12,5(0,73) a	A 45,0(0,71) a	A 0,0(0,00) b
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 33,7(0,61) a	B 27,0(0,54) a	A 0,0(0,00) b
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 13,7(0,31) b	B 23,5(0,50) a	A 0,0(0,00) c
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	B 19,5(0,39) a	A 0,0(0,00) b
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}			94,888**	
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}			68,556**	
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}			20,551**	
C.V. (%)		0,0			51,7	
d.m.s. (C)		0,00			0,13	
d.m.s. (P)		0,00			0,18	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 23b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 82,5(1,15) a	A 94,7(1,35) a	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 0,0(0,00) b
3-6	A 73,7(1,04) b	AB 89,5(1,26) a	A 0,0(0,00) c	A 99,5(1,53) a	A 94,5(1,37) a	A 0,0(0,00) b
6-9	B 40,0(0,67) b	BC 78,5(1,09) a	A 0,0(0,00) c	B 77,5(1,16) a	A 94,5(1,42) a	A 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) b	C 62,0(0,91) a	A 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	A 88,5(1,30) a	A 0,0(0,00) b
12-15	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	299,814**			344,782**		
F Profundidade (P)	178,690**			209,009**		
F (C) X (P)	55,933**			69,025**		
C.V. (%)	30,5			27,2		
d.m.s. (C)	0,16			0,19		
d.m.s. (P)	0,21			0,25		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

6.3. Sulfentrazone

A porcentagem de fitotoxicidade encontrada nas plantas pepino aos 5 DAS evidenciam que o herbicida sulfentrazone permaneceu nas camadas de 0-3, 3-6 e 6-9 cm do perfil do solo argiloso, sob as três precipitações acumuladas estudadas (31, 62 e 114 mm) (Tabela 24a). Observa-se na avaliação realizada aos 7 e 10 DAS, que sob uma precipitação de 31 mm permitiu que o sulfentrazone chegasse a camada de 6-9 cm de profundidade, já sob precipitação acumulada de 62 e 114 mm, o herbicida atingiu a camada de 9-12 cm do solo argiloso (Tabela 24a e 24b). Ao término do experimento, aos 12 DAS percebe-se que independente da precipitação acumulada avaliada o herbicida sulfentrazone apresentou potencial de lixiviação capaz de atingir a camada de 9-12 cm de profundidade no solo argiloso estudado (Tabela 24b).

Os resultados encontrados expressam o comportamento real do herbicida sulfentrazone no perfil de um solo argiloso, que indiferente das três precipitações

acumuladas após a pulverização do herbicida, constatou-se que a molécula de sulfentrazone teve uma mobilidade restrita até a profundidade de 12 cm, conforme também foi observado por Ohmes e Mueller (2007) que ao analisarem a mobilidade e adsorção do sulfentrazone em diferentes solos de superfície do sul dos Estados Unidos constaram que em solo argilosa o sulfentrazone foi igualmente distribuído nas profundidade de 9; 13,5 e 18 cm e isto ocorreu pelo fato que o teor de argila garante ao sulfentrazone uma mobilidade reduzida. A particularidade do sulfentrazone ao ser qualificado como um herbicida que permanece muito tempo no solo, é passível ao processos de contaminação ambiental, devido ao grande número de aplicação, o que acarreta a alta concentração do sulfentrazone no solo, maior que a recomendação agrônômica (BLANCO et al., 2010), contribuindo para o real aumento do potencial de lixiviação do sulfentrazone.

Tabela 24a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 30,0(0,57) b	A 37,5(0,65) a	A 39,7(0,68) a	A 100,0(1,57) a	A 83,0(1,15) c	A 92,5(1,33) b
3-6	B 12,2(0,35) b	B 17,5(0,42) ab	B 18,7(0,44) a	B 50,0(0,78) c	AB 73,7(1,03) b	A 87,0(1,22) a
6-9	C 2,5(0,11) a	C 17,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	C 8,7(0,21) b	B 63,0(0,92) a	B 58,7(0,88) a
9-12	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	C 21,0(0,45) a	C 12,5(0,36) a
12-15	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,333 ^{ns}			22,680**	
F Profundidade (P)		344,069**			367,314**	
F (C) X (P)		2,494**			15,673**	
C.V. (%)		34,1			23,4	
d.m.s. (C)		0,07			0,16	
d.m.s. (P)		0,10			0,21	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 24b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 91,5(1,28) b	A 99,5(1,53) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 99,5(1,53) a
3-6	B 62,0(0,91) c	AB 85,0(1,18) b	A 96,7(1,41) a	A 98,7(1,51) a	A 99,5(1,52) a	A 99,7(1,54) a
6-9	C 30,0(0,58) b	B 77,5(1,08) a	B 80,0(1,11) a	B 79,7(1,20) a	A 88,2(1,29) a	B 83,7(1,15) a
9-12	D 0,0(0,00) b	C 32,5(0,58) a	C 38,7(0,65) a	C 6,2(0,13) b	B 41,2(0,68) a	C 50,0(0,78) a
12-15	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		45,365**			3,65*	
F Profundidade (P)		559,100**			347,926**	
F (C) X (P)		16,094**			3,677**	
C.V. (%)		17,8			22,0	
d.m.s. (C)		0,14			0,22	
d.m.s. (P)		0,19			0,29	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

* significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Nas Tabelas 25a e 25b verifica-se que aos 5 DAS, o herbicida sulfentrazone atingiu a camada de 3-6 cm de profundidade, sob um acúmulo de precipitação de 31 mm, porém quando submetido a uma precipitação de 62 mm o sulfentrazone permaneceu na camada de 0-3 cm do solo e na maior precipitação, com acúmulo de 114 mm, as moléculas do sulfentrazone atingiram a camada de 6-9 cm de profundidade. Já na avaliação realizada aos 7 e 10 DAS observa-se um aumento da profundidade de lixiviação do sulfentrazone, que se estabilizou com a definição da fitotoxicidade das plantas de alface aos 12 DAS, no qual se observa que quando o herbicida permaneceu sob um acúmulo de 31 mm, este ficou restrito até a camada de 6-9 cm, mas quando submetido a uma precipitação de 62 e 114 mm as moléculas do sulfentrazone atingiram até a camada de 9-12 cm de profundidade do solo argiloso.

Os valores de porcentagem de fitotoxicidade atribuídas as plantas de alface devido a ação do herbicida sulfentrazone, permitiram notar que o produto permaneceu distribuído no perfil do solo até a profundidade de 12 cm, porém também pode-se notar que o herbicida sulfentrazone teve sua maior concentração restrita as camadas até 0-3 e 3-6 cm de

profundidade. Contudo, de forma oposta aos resultados encontrados Monquero et al. (2010) verificaram que o efeito da lixiviação do sulfentrazone foi mais pronunciado à medida que se aumentou a quantidade de chuva simulada, constatando atividade residual do herbicida até 40 cm de profundidade sob precipitação de 80 mm em um solo de textura argilosa, porém com um controle abaixo de 20%, das plantas bioindicadoras e nas camadas superficiais o controle foi maior que 80% (0-30 cm de profundidade). Dados obtidos por Rodrigues et al. (1999) em solo descoberto, os teores de sulfentrazone encontrados na profundidade de 5-10 cm, que a quantidade de chuva aplicada de 20 mm, foi suficiente para lixiviar o produto para profundidades maiores.

Tabela 25a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 30,0(0,57) a	A 16,5(0,35) b	A 28,7(0,55) ab	A 78,7(1,16) ab	A 55,0(0,83) b	A 92,5(1,37) a
3-6	B 6,2(0,25) b	B 0,0(0,00) c	A 30,0(0,51) a	A 40,0(0,67) b	AB 20,0(0,32) b	A 75,0(1,13) a
6-9	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 7,5(0,14) a	B 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	B 21,2(0,35) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 2,5(0,08) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,678**			7,216**	
F Profundidade (P)		28,722**			40,242**	
F (C) X (P)		2,680**			1,812 ^{ns}	
C.V. (%)		17,9			93,8	
d.m.s. (C)		0,19			0,39	
d.m.s. (P)		0,25			0,51	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 25b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 83,7(1,21) b	A 88,7(1,24) b	A 98,7(1,51) a	A 100,0(1,57) a	A 99,7(1,54) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 46,2(0,74) c	AB 82,5(1,14) b	A 99,5(1,52) a	B 77,0(1,17) b	AB 97,5(1,42) ab	A 100,0(1,57) b
6-9	C 0,0(0,00) b	B 57,5(0,86) a	B 53,7(0,89) a	C 25,0(0,39) b	B 73,7(1,10) a	B 56,2(0,91) a
9-12	C 0,0(0,00) b	C 11,2(0,33) a	C 10,0(0,22) ab	C 0,0(0,00) b	C 16,2(0,40) a	C 21,2(0,47) a
12-15	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	29,078**			9,792**		
F Profundidade (P)	163,949**			164,271**		
F (C) X (P)	7,770**			2,927**		
C.V. (%)	36,8			35,2		
d.m.s. (C)	0,25			0,30		
d.m.s. (P)	0,32			0,39		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação " $y = \arcseno(x / 100)$ ".

Na Tabela 26a nota-se que a porcentagem de fitotoxicidade encontrada nas plantas de sorgo devido a ação do herbicida sulfentrazone, aos 5 DAS atingiu-se até a camada de 6-9 cm de profundidade do solo argiloso sob as precipitações acumuladas de 31 e 62 mm e, sob uma precipitação de 114 mm as moléculas do herbicida sulfentrazone proporcionou efeito fitotóxico às plantas de sorgo até a camada de 9-12 cm de profundidade. As avaliações seguintes aos 7, 10 e 12 DAS confirmam através da fitotoxicidade da planta bioindicadora que o herbicida sulfentrazone atingiu e permaneceu até a camada de 9-12 cm de profundidade do solo argiloso independente da precipitação acumulada (Tabela 26a e 26b).

Devido as características do solo argiloso, o herbicida sulfentrazone tende a permanecer na camada de 0-3 e 3-6 cm, mas o residual do produto pode chegar nas camada de 9-12 cm de profundidade do solo argiloso conforme trabalhos realizados por Melo et al. (2010), que avaliaram a atividade do sulfentrazone no solo pela intoxicação e inibição do crescimento das plantas de sorgo, que foram utilizadas também como planta bioindicadora e conclui que a movimentação descendente do produto em solos de textura argilosa com alto teor de matéria orgânica foi de até 17,5 cm de profundidade. Alves et al. (2004) estudando a eficiência sulfentrazone em características diferentes de solo concluiu que o sulfentrazone se comporta de maneira diferente quando aplicado em pré-emergência, em solo com maior teor

de óxido de Fe, considerando que a adsorção do sulfentrazone diminui e sua susceptibilidade à lixiviação vai aumentar, para valores de pH do solo acima do pKa (6,5).

Tabela 26a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 35,0(0,62) a	A 20,5(0,41) b	A 31,2(0,58) a	A 96,7(1,43) a	A 95,0(1,35) a	A 99,5(1,53) a
3-6	A 17,5(0,42) a	A 20,5(0,45) a	A 26,0(0,53) a	A 73,0(1,08) a	A 90,0(1,25) a	A 96,0(1,41) a
6-9	B 2,5(0,08) c	A 23,7(0,49) a	B 9,2(0,30) b	B 21,2(0,29) b	A 72,5(1,03) a	B 62,7(0,92) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 1,2(0,05) a	B 3,7(0,10) b	B 21,5(0,41) ab	B 41,2(0,69) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	1,759 ^{ns}			9,29**		
F Profundidade (P)	71,557**			110,314**		
F (C) X (P)	3,568**			2,851**		
C.V. (%)	57,7			41,1		
d.m.s. (C)	0,16			0,33		
d.m.s. (P)	0,21			0,43		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. ^{ns}não significativo. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 26b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 96,7(1,43) a	A 92,5(1,30) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 99,7(1,54) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 60,5(0,92) b	A 85,0(1,18) b	AB 98,5(1,49) a	B 86,2(1,20) b	A 98,2(1,44) a	A 100,0(1,57) a
6-9	C 21,5(0,29) b	A 63,5(0,93) a	BC 82,5(1,15) a	C 28,7(0,53) b	B 79,5(1,12) a	B 86,2(1,20) a
9-12	C 3,5(0,10) c	B 18,7(0,42) b	C 60,0(0,90) a	D 3,7(0,10) c	C 26,2(0,52) b	B 72,2(1,03) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	23,077**			33,248**		
F Profundidade (P)	136,772**			360,730**		
F (C) X (P)	5,355**			10,133**		
C.V. (%)	35,8			21,8		
d.m.s. (C)	0,29			0,20		
d.m.s. (P)	0,38			0,26		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Nas das Tabelas 27a e 27b verifica-se aos 5 DAS que a mobilidade do herbicida sulfentrazone em um solo de textura argilosa, quando utilizado plantas de picão-preto como planta bioindicadora, já era alta, pois atingiu a camada de 3-6 cm sob um acúmulo de precipitação de 31 mm, além de chegar a camada de 6-9 cm de profundidade sob os acúmulos de precipitação de 62 e 114 mm. Nas avaliações posteriores, aos 7, 10 e 12 DAS, registrou-se que o sulfentrazone caminhou e permaneceu na camada de 9-12 cm de profundidade sob as precipitações de 62 e 114 mm e na menor precipitação (31 mm) o residual do sulfentrazone foi diagnosticado pela fitotoxicidade das plantas de picão-preto até a camada de 6-9 cm de profundidade. Estes dados expressam que a mobilidade do herbicida sulfentrazone está sujeito a muitas variáveis do campo, no entanto entende-se que de maneira geral o comportamento do sulfentrazone pode ser expressado principalmente pela precipitação e as características físicas do solo em que encontra o herbicida. Conforme resultados obtidos por Rossi et al. (2003) no qual constataram que a mobilidade do sulfentrazone tem comportamento diferenciado entre as classes de solos estudados, pois sob uma precipitação de 90 mm, o sulfentrazone atingiu 12,5 cm de profundidade nas colunas com Neossolo Quartzarênico e sob a mesma precipitação o sulfentrazone chegou até 7,5 cm de profundidade nas colunas com Nitossolo Vermelho. Apesar teor de umidade do solo poder alterar a distribuição dos sulfentrazone entre a solução e as fases sorvida, mostrando que a dissipação de sulfentrazone é essencialmente um processo biológico e indicada sua dependência da temperatura, o que sugere que o valor para sulfentrazone na superfície de solos tropicais pode ser mais curto do que se pensava (MARTINEZ et al., 2010),

Tabela 27a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A38,7(0,67) a	A 20,0(0,40) b	A 27,7(0,54) ab	A100,0(1,57) a	A 94,7(1,35) a	A 99,0(1,50) a
3-6	B17,7(0,31) a	A 22,5(0,46) a	AB 8,7(0,29) a	B 52,0(0,83) b	AB 90,2(1,26) a	A 99,7(1,54) a
6-9	C 0,0(0,00) b	B 2,5(0,11) ab	B 7,5(0,27) b	C 0,0(0,00) c	B 58,7(0,87) b	A 84,5(1,24) a
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	C 10,0(0,32) a	B 12,5(0,35) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,208 ^{ns}			20,610**	
F Profundidade (P)		38,556**			140,313**	
F (C) X (P)		1,924*			7,827**	
C.V. (%)		90,5			39,0	
d.m.s. (C)		0,19			0,29	
d.m.s. (P)		0,25			0,39	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade. *significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 27b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A100,0(1,57) a	A 88,2(1,22) b	A100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 70,5(1,10) b	A 81,7(1,13) b	A100,0(1,57) a	A 98,7(1,51) a	A 99,0(1,50) a	A 100,0(1,57) a
6-9	C 25,7(0,47) c	A 60,0(0,89) b	A 91,2(1,36) a	B 32,5(0,52) c	B 70,7(1,00) b	A 97,5(1,49) a
9-12	D 0,0(0,00) c	B 11,5(0,34) b	B 46,2(0,75) a	C 0,0(0,00) c	C 11,2(0,34) b	B 73,7(1,06) a
12-15	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		26,575**			35,68**	
F Profundidade (P)		198,552**			380,310**	
F (C) X (P)		7,230**			14,445**	
C.V. (%)		30,5			21,7	
d.m.s. (C)		0,25			0,21	
d.m.s. (P)		0,33			0,27	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Na Tabela 28a pode-se verificar aos 5 e 7 DAS que a mobilidade do herbicida sulfentrazone no solo de textura argilosa, quando se utilizado o capim-marmelada como planta bioindicadora, foi moderada e atingiu a camada de 3-6 cm de profundidade do solo para as precipitações de 31 e 114 mm. Já para as avaliações seguintes aos 10 e 12 DAS (Tabela 28b), observa-se que o residual do herbicida sulfentrazone sob as três precipitação acumuladas (31, 62 e 114 mm) atingiu e permaneceu no máximo até camada de 9-12 cm de profundidade no perfil do solo argiloso. Nota-se que independente da planta bioindicadora utilizada nos estudos e das condições ambientais em que foram conduzidos as moléculas de sulfentrazone lixiviaram no máximo até 12 cm de profundidade e apesar da precipitação ter importante papel na mobilidade o sulfentrazone respondeu pouco a este fator e mais as característica químicas e físicas do solo em que foi aplicado. Ressalta-se que Bachega et al. (2009) trabalhando com Latossolo Vermelho-Amarelo, sob uma precipitação acumulada de 106 mm na área estuda, os resultados indicaram que o herbicida sulfentrazone manteve-se até a profundidade de 10 cm, ou seja, mesmo em precipitação alta o sulfentrazone responde as característica do solo analisado, o que torna necessário atenção em relação as doses recomendada para cada tipo de solo. Pelos resultados encontrados por Melo et al. (2010), afirmam que a intensidade da precipitação influência também a dinâmica e lixiviação do sulfentrazone no solo, a qual pode ser elevada nos casos de grande volume de água.

Tabela 28a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 18,7(0,44) ab	A 23,7(0,38) b	A 35,0(0,62) a	A 100,0(1,57) a	A 50,0(0,78) b	A 100,0(1,57) a
3-6	AB 10,0(0,22) b	AB 8,75(0,21) b	A 26,2(0,53) a	B 47,0(0,67) b	AB 47,2(0,68) b	A 95,0(1,41) a
6-9	B 0,0(0,00) a	AB 5,0(0,11) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	AB 22,5(0,31) a	B 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		2,161 ^{ns}			1,784 ^{ns}	
F Profundidade (P)		24,386 ^{**}			31,401 ^{**}	
F (C) X (P)		1,460 ^{ns}			2,062 [*]	
C.V. (%)		25,6			10,1	
d.m.s. (C)		0,22			0,54	
d.m.s. (P)		0,25			0,70	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

^{**}significativo a 1% de probabilidade.

^{*}significativo a 5% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 28b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 92,5(1,30) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	B 79,0(1,12) b	A 91,2(1,27) b	A 100,0(1,57) a	A 97,2(1,46) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
6-9	C 27,5(0,48) c	A 87,5(1,22) b	A 98,7(1,51) a	B 61,2(0,87) b	A 99,7(1,54) a	A 100,0(1,57) a
9-12	D 2,5(0,08) b	B 10,0(0,32) a	B 0,0(0,00) b	C 5,0(0,11) b	B 13,7(0,37) a	B 0,0(0,00) b
12-15	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		26,470 ^{**}			7,265 ^{**}	
F Profundidade (P)		571,210 ^{**}			355,170 ^{**}	
F (C) X (P)		19,656 ^{**}			4,838 ^{**}	
C.V. (%)		19,2			24,0	
d.m.s. (C)		0,16			0,23	
d.m.s. (P)		0,21			0,30	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

^{**}significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Registra-se na Tabela 29a aos 5 DAS e sob um solo de textura média arenosa, no qual utilizou-se plantas de pepino como planta bioindicadora que o sulfentrazone atingiu a camada de 3-6 cm de profundidade sob uma precipitação de 36 mm, já sob um acúmulo de precipitação de 65 e 116 mm o herbicida atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade do perfil do solo. Avaliações posteriores feita aos 7, 10 e 12 DAS, evidenciam um aumento da lixiviação do sulfentrazone devido a fitotoxicidade observadas nas plantas de pepino, atingindo a profundidade de 12-15 cm no perfil deste solo de textura média arenosa nas maiores precipitações (65 e 116 mm), e na precipitação de 36 mm as moléculas do sulfentrazone ficaram mais restrita, atingido a camada de 9-12 cm de profundidade (Tabela 29a e 29b).

A mobilidade do herbicida sulfentrazone no perfil do solo de textura média arenosa, foi mais intensa do que no argiloso, sendo que Rossi et al. (2005a), também observaram que o aumento da saturação do solo, houve aumento na percolação do produto no perfil do solo Chernossolo, no qual se observou atividade do herbicida ao longo do perfil, principalmente sob 90 mm de precipitação no qual o sulfentrazone apresentou efeito sobre as plântulas de espécie bioindicadora, sendo que esse efeito estendeu-se até 17,5 cm de profundidade. Em estudos realizados por Grey et al. (1997) mostraram que a adsorção do sulfentrazone em geral diminuiu em resposta ao aumento do pH, ou seja a mobilidade é refletida pela adsorção do herbicida no solo.

Tabela 29a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 16,2(0,40) a	A 6,2(0,25) b	A 2,5(0,11) c	A 56,2(0,85) a	AB 63,7(0,94) a	A 31,2(0,59) b
3-6	B 7,5(0,27) ab	A 8,7(0,29) a	AB 5,0(0,19) a	A 52,5(0,81) b	A 82,5(1,16) a	A 26,2(0,53) c
6-9	C 0,0(0,00) b	A 3,7(0,17) a	B 1,2(0,05) a	B 2,5(0,08) c	B 56,2(0,85) a	AB 16,2(0,39) b
9-12	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 5,0(0,16) a	BC 11,2(0,18) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	5,654**			16,857**		
F Profundidade (P)	48,547**			88,054**		
F (C) X (P)	4,636**			6,963**		
C.V. (%)	78,1			48,5		
d.m.s. (C)	0,09			0,22		
d.m.s. (P)	0,12			0,29		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 29b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 57,5(0,86) b	A 87,5(1,21) a	A 31,2(0,59) c	A 80,0(1,16) b	A 97,5(1,49) a	A 77,5(1,08) b
3-6	A 52,5(0,81) b	A 83,2(1,17) a	A 32,5(0,60) b	A 84,5(1,19) b	A 99,7(1,54) a	A 83,7(1,16) b
6-9	B 20,0(0,45) b	A 67,5(0,97) a	AB 16,2(0,39) b	B 37,5(0,65) b	A 82,7(1,16) a	AB 56,2(0,85) ab
9-12	C 1,2(0,05) b	B 35,0(0,56) a	BC 11,2(0,18) b	C 8,7(0,21) b	B 50,0(0,72) a	B 32,5(0,58) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) a	C 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) a	C 7,5(0,14) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	32,833**			11,711**		
F Profundidade (P)	100,509**			113,452**		
F (C) X (P)	6,057**			2,164*		
C.V. (%)	41,2			36,9		
d.m.s. (C)	0,23			0,31		
d.m.s. (P)	0,30			0,40		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

* significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nota-se na Tabela 30a, aos 5 e 7 DAS, quando se utilizou plantas de alface como planta bioindicadora, que o herbicida sulfentrazone atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade sob uma precipitação de 36 mm, já na precipitação acumulada de 65 mm as injúrias visuais observados nas plantas de alface restringiram somente à camada de 0-3 cm do solo e sob o acúmulo de 116 mm o residual do sulfentrazone atingiu somente a camada de 3-6 cm de profundidade. Nas avaliações posteriores, 10 e 12 DAS, verifica-se uma definição da mobilidade do sulfentrazone, que sob uma precipitação de 36 mm apresentou um residual até a camada de 6-9 cm de profundidade, porém sobre acúmulos de precipitações maiores de 65 e 116 mm, as moléculas atingiram até a camada de 9-12 cm de profundidade (Tabela 30b).

Estes resultados confirmam a capacidade de mobilidade do sulfentrazone, mesmo que a espécie bioindicadora (alface) responda de forma diferencial de outra espécie (pepino), para um solo de textura média arenosa. Uma vez que, a mobilidade do sulfentrazone apesar de acentuada não tenha representado risco de lixiviação para camadas mais profundas do solo, nas condições experimentais observadas, ressalta-se que o seu uso prolongado como em áreas de cana-de-açúcar pode modificar o seu comportamento, podendo alcançar maiores profundidades no perfil do solo (VIVIAN et al., 2006). Deve se atentar para persistência de sulfentrazone em solo arenoso, pois a persistência de herbicidas no ambiente representa a sua capacidade em desenvolver atividade residual na área durante um determinado período, ou seja, herbicidas com uma maior persistência no solo também apresentam um ambiente mais risco de contaminação, por lixiviação, volatilização ou erosão (DAN et al., 2010b).

Tabela 30a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 37,5(0,65) a	A 1,2(0,05) b	A 36,2(0,63) a	A 100,0(1,57) a	A 7,5(0,14) b	A 81,0(1,28) a
3-6	A 25,0(0,51) a	A 0,0(0,00) b	B 21,2(0,46) a	A 85,0(1,28) a	A 0,0(0,00) b	A 80,7(1,27) a
6-9	B 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 7,5(0,14) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		39,437**			35,444**	
F Profundidade (P)		73,228**			65,775**	
F (C) X (P)		15,50**			14,172**	
C.V. (%)		72,9			76,8	
d.m.s. (C)		0,12			0,30	
d.m.s. (P)		0,16			0,40	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 30b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 86,5(1,20) a	A 81,0(1,28) a	A 100,0(1,57) a	A 98,2(1,48) a	A 99,5(1,53) a
3-6	A 97,5(1,49) a	AB 71,2(1,02) b	A 81,2(1,30) ab	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 98,7(1,51) a
6-9	B 17,5(0,24) b	BC 42,5(0,70) a	B 3,7(0,10) b	B 17,5(0,24) c	B 52,5(0,81) b	A 97,2(1,46) a
9-12	B 0,0(0,00) a	CD 12,5(0,26) a	B 10,0(0,17) a	B 0,0(0,00) c	C 20,0(0,34) b	A 85,0(1,23) a
12-15	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,532 ^{ns}			30,824**	
F Profundidade (P)		80,768**			239,899**	
F (C) X (P)		2,276*			14,702**	
C.V. (%)		57,6			27,4	
d.m.s. (C)		0,38			0,25	
d.m.s. (P)		0,49			0,33	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Os resultados da porcentagem de fitotoxicidade visual observadas para as plantas de sorgo encontram-se apresentados nas Tabelas 31a e 31b. Aos 5 DAS, nota-se que herbicida sulfentrazone atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade quando recebeu um acúmulo da precipitação de 36 mm. As injúrias visuais registrada nas plantas de sorgo também comprovam que as moléculas de sulfentrazone chegaram a camada de 9-12 cm de profundidade sob um acúmulo de precipitação de 65 e 116 mm. Nas avaliações subsequentes, aos 7, 10 e 12 DAS, comprovaram que a mobilidade de sulfentrazone em solo de textura arenosa restringem-se a faixa de 0 até 15 cm de profundidade nas maiores precipitações (65 e 116 mm), e sob uma menor precipitação (36 mm) na faixa de 0 a 12 cm de profundidade no perfil do solo. O sulfentrazone se mostrou ter potencial de lixiviação devido a pouca resistência do solo de textura média arenosa utilizado no experimento, pois segundo Rizzi (2003), dois fatores nos solos influenciam a lixiviação dos herbicidas, são o pH do solo e colóides do solo, sendo que em seu trabalho pode-se observar uma maior sorção de sulfentrazone em solo com maior teor de óxidos de ferro e matéria orgânica, assim em solos mais arenoso esta influência diminui permitindo maior lixiviação as moléculas do herbicida através da precipitação. Estudos realizado por Rossi et al. (2003) constatou que a sobrevivência das plantas de sorgo no solo tratado com sulfentrazone diminui com o aumento da profundidade e conforme se aumenta o índice pluviométrico, observou uma tendência de arraste e acúmulo desse herbicida no perfil do solo, conforme a precipitação.

Tabela 31a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 17,5(0,42) ab	A 22,5(0,49) a	A 13,7(0,37) b	A 91,2(1,27) a	A 95,7(1,37) a	A 91,5(1,29) a
3-6	A 26,2(0,53) a	AB 18,2(0,42) a	A 22,5(0,48) a	A 88,7(1,24) a	A 95,0(1,36) a	A 91,0(1,27) a
6-9	B 1,2(0,05) b	B 11,2(0,34) a	A 13,7(0,38) a	B 22,5(0,43) b	A 88,5(1,24) a	AB 81,2(1,12) a
9-12	B 0,0(0,00) b	C 1,2(0,05) b	B 3,7(0,17) a	C 0,0(0,00) c	B 30,0(0,50) b	B 53,0(0,81) a
12-15	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b	C 12,5(0,25) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		4,872*			23,847**	
F Profundidade (P)		115,213**			204,499**	
F (C) X (P)		5,114**			7,674**	
C.V. (%)		42,5			27,9	
d.m.s. (C)		0,11			0,24	
d.m.s. (P)		0,14			0,31	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 31b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 92,5(1,33) a	A 95,2(1,36) a	A 92,0(1,34) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	A 90,0(1,29) a	A 90,0(1,25) a	A 91,0(1,27) a	A 100,0(1,57) a	A 99,7(1,54) a	A 97,5(1,49) a
6-9	B 45,0(0,73) b	A 88,2(1,24) a	A 86,7(1,19) a	B 80,0(1,11) b	A 99,0(1,34) a	A 93,0(1,50) a
9-12	C 0,0(0,00) b	B 48,7(0,77) a	B 55,0(0,83) a	C 2,5(0,80) b	B 62,5(0,91) a	B 63,7(0,93) a
12-15	C 0,0(0,00) b	C 2,5(0,08) b	C 17,5(0,31) a	C 0,0(0,00) b	C 5,0(0,16) b	C 26,2(0,40) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		22,459**			18,074**	
F Profundidade (P)		256,845**			343,523**	
F (C) X (P)		7,892**			7,716**	
C.V. (%)		23,7			20,2	
d.m.s. (C)		0,21			0,22	
d.m.s. (P)		0,28			0,29	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

A fitotoxicidade observada nas plantas de picão-preto utilizadas como plantas indicadoras mostram a mobilidade do herbicida sulfentrazone em um solo de textura média arenosa (Tabelas 32a e 32b). A capacidade de lixiviação das moléculas de sulfentrazone confirmou-se já na primeira avaliação (5 DAS), no qual as plantas de picão-preto apresentaram fitotoxicidade até a profundidade de 12 cm. Nas demais avaliações (7, 10 e 12 DAS) constatou-se resultados semelhantes, sendo que para um acúmulo de precipitação de 36 mm, o sulfentrazone atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade, no entanto sob maior precipitação de 65 e 116 mm, as moléculas de sulfentrazone atingiram até a camada de 9-12 cm de profundidade deste solo de textura média arenosa. O potencial de lixiviação do herbicida sulfentrazone é real e quando aplicados em anos subsequentes pode atingir profundidades ainda maiores conforme dados coletados por Coutinho et al. (2008), pois ao analisarem o potencial risco de lixiviação de herbicidas utilizados nas culturas da soja e do milho, nas áreas de recarga do Aquífero Guarani no Mato Grosso do Sul, dentre os herbicidas estudados o sulfentrazone apresentou alto potencial de lixiviação em todos os solos avaliados nas áreas de recarga do Aquífero Guarani. A persistência do sulfentrazone no solo pode durar por muito tempo o que torna-se importante o planejamento de utilização desse herbicida, que é uma importante ferramenta no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (DAN et al., 2011).

Tabela 32a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 40,0(0,68) a	A 30,0(0,55) a	A 31,2(0,57) a	A 100,0(1,57) a	A 79,2(1,17) ab	A 70,0(1,12) a
3-6	A 31,2(0,58) a	A 36,2(0,64) a	A 13,7(0,31) a	A 97,5(1,46) a	A 84,2(1,22) a	A 53,5(0,80) b
6-9	B 1,2(0,05) b	A 25,0(0,51) a	A 22,5(0,41) a	B 27,5(0,41) b	A 88,7(1,26) a	A 76,5(1,14) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	B 23,7(0,44) a	B 5,0(0,16) ab
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		2,081 ^{ns}			1,711 ^{ns}	
F Profundidade (P)		48,009**			67,139**	
F (C) X (P)		2,902**			3,911**	
C.V. (%)		70,6			54,2	
d.m.s. (C)		0,21			0,41	
d.m.s. (P)		0,28			0,53	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 32b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 94,0(1,36) ab	A 70,0(1,12) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	A 98,7(1,51) a	A 87,5(1,21) ab	A 71,0(1,04) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	AB 96,2(1,43) a
6-9	B 58,7(0,96) a	A 70,0(1,00) a	A 76,5(1,14) a	B 65,0(1,01) b	A 99,5(1,53) a	B 80,0(1,18) a
9-12	C 0,0(0,00) b	B 30,0(0,51) a	B 10,0(0,23) ab	C 0,0(0,00) b	B 46,2(0,74) a	C 33,7(0,60) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,926 ^{ns}			13,687**	
F Profundidade (P)		95,724**			425,483**	
F (C) X (P)		2,034**			7,739**	
C.V. (%)		44,7			20,3	
d.m.s. (C)		0,36			0,20	
d.m.s. (P)		0,48			0,26	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Ao verificar a lixiviação do herbicida sulfentrazone conforme a fitotoxicidade visual nas plantas de capim-marmelada (Tabela 33a e 33b) observa-se que o herbicida atingiu a camada de 12-15 cm de profundidade no solo de textura média arenosa sob um acúmulo de precipitação de 65 e 116 mm na avaliação realizada aos 12 DAS, e sob uma precipitações de 36 mm o sulfentrazone alcançou até a camada de 9-12 cm de profundidade. Comparando o comportamento das moléculas de sulfentrazone em solo de textura média arenosa com o os resultados da movimentação do herbicida sulfentrazone nos solo de textura argilosa, pode-se verificar maior lixiviação no solo arenoso.

Ambos os solos aqui testados não garante total restrição a mobilidade do herbicida sulfentrazone, que de certa forma coloca em risco as águas subterrâneas, sendo necessário melhor controle devido ao uso excessivo e prolongado do sulfentrazone nas culturas agrícolas, mesmos que as doses recomendadas para solos o herbicida atinja somente até profundidade de 15 cm neste estudo, assim há necessidade de pesquisas alternativas para reduzir a lixiviação de herbicidas como o sulfentrazone, pois têm sido detectados em águas subterrâneas. Para redução da lixiviação de herbicidas e aumentar o controle de plantas daninhas, tem sido desenvolvido, projetado e testado formulações que permitem liberação controlada do produto, sendo que em bioensaios de colunas de solo avaliou-se uma nova formulação de sulfentrazone que permite a liberação controlada do produto que veio a melhorar o controle de plantas daninhas e reduzir a lixiviação, em comparação com o formulações comercial existente, resultados estes que sugerem a aplicação destas novas formulações permitirá a redução da lixiviação do sulfentrazone (ZIV; MISHAEL, 2008).

Ressalta-se que, quanto as diferentes espécies de plantas indicadoras estudadas, no solo de textura média arenosa, as plantas de pepino, sorgo e capim-marmelada mostraram-se mais adequadas para o estudo com o herbicidas sulfentrazone, pois permitiu ver injúrias e conseqüentemente o potencial de lixiviação do herbicida nas plantas em profundidade maiores do que nas plantas de alface e picão-preto.

Resultados mostram que independente da planta bioindicadora o potencial de lixiviação do herbicida sulfentrazone é maior em solo médio arenoso do que em solo argiloso na condição que o experimento foi conduzido. Reddy e Locke (1998), investigando a sorção no solo do sulfentrazone em duas texturas de solo (média e pesada), e

em dois sistemas (convencional e plantio direto), observaram que, independentemente do manejo, a taxa de sorção foi maior no solo argiloso do que em solo de textura média.

Tabela 33a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 45,0(0,73) a	A 0,0(0,00)b	A 43,7(0,72)a	A 100,0(1,57) a	A 0,0(0,00) b	A 97,5(1,49)a
3-6	B 21,5(0,47) b	A 0,0(0,00)c	A 41,2(0,69)a	B 90,7(1,27) b	A 0,0(0,00) c	A 100,0(1,57)a
6-9	C 1,2(0,05) b	A 0,0(0,00)b	A 35,0(0,62)a	C 16,2(0,29) b	A 0,0(0,00) c	A 100,0(1,57)a
9-12	C 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00)b	A 36,2(0,64)a	D 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 100,0(1,57)a
12-15	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00)a
15-20	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00)a
20-25	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00)a
25-30	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00)a
F Precipitação (C)		239,742**			636,962**	
F Profundidade (P)		123,030**			315,599**	
F (C) X (P)		50,828**			135,880**	
C.V. (%)		37,2			22,3	
d.m.s. (C)		0,10			0,14	
d.m.s. (P)		0,13			0,19	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(x / 100)$ ”.

Tabela 33b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 96,7(1,44)a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	A 97,5(1,49) a	A 94,2(1,36)a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
6-9	B 51,2(0,84) c	A 86,2(1,19)b	A 100,0(1,57) a	A 75,0(1,12) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
9-12	C 12,5(0,19) c	B 50,0(0,71)b	A 100,0(1,57) a	B 20,0(0,27) c	B 62,5(0,91) b	A 100,0(1,57) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 7,5(0,45)a	B 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00) a	C 21,2(0,29) a	B 7,5(0,45) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00)a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		14,764**			8,296**	
F Profundidade (P)		141,455**			132,465**	
F (C) X (P)		6,650**			4,589**	
C.V. (%)		32,0			32,2	
d.m.s. (C)		0,34			0,38	
d.m.s. (P)		0,44			0,49	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(x / 100)$ ”.

6.4. Tebuthiuron

A partir da avaliação de fitotoxicidade visual registrada nas plantas de pepino (Tabelas 34a e 34b), pode-se estudar o potencial de lixiviação de herbicida tebuthiuron, sob três diferentes acúmulos de precipitações. A evolução da fitotoxicidade nas plantas bioindicadoras nas avaliações de 5, 7, 10 e 12 DAS, demonstram que o herbicida tebuthiuron pode atingir até a profundidade de 12 cm no perfil de um solo argiloso, independente da precipitação acumulada nos estudos. Pode-se afirmar que precipitações logo após a aplicação, como o caso 31 mm, destaca-o pela maior velocidade de percorrer o perfil do solo atingindo a camada 6-9 cm de profundidade ainda aos 5 DAS, mas o acúmulo de precipitações como de 62 e 114 mm atingiram a camada de 9-12 cm de profundidade aos 10 DAS. Resultados como este demonstram a necessidade de entender a dinâmica de herbicidas aplicados em pré-emergência utilizados na cultura da cana-de-açúcar mesmo que apresente pouca mobilidade em solos argiloso, como estudos realizados por Souza et al. (2008), sobre a possível movimentação vertical do herbicida tebuthiuron em solo de textura argilosa cultivado com cana-de-açúcar. Os pesquisadores constataram que mais de 70% do herbicida tebuthiuron aplicado ficou retido a menos de 30 cm de profundidade e/ou foi degradado por meio de fatores, principalmente, bióticos do ambiente. Deve se atentar que o movimento do tebuthiuron em solos é necessário para que o herbicida atinja a raízes de plantas para a absorção, porem o potencial de poluição da água de subterrânea a partir desta pequena quantidade de movimento tebuthiuron no solo é altamente improvável (EMMERICH, 1985)

Tabela 34a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 7,5(0,27) a	A 0,0(0,00) c	A 3,7(0,17) b	A 24,2(0,51) a	A 0,0(0,00) c	A 12,5(0,35) b
3-6	B 2,5(0,11) a	A 0,0(0,00) b	B 1,2(0,05) ab	B 11,2(0,34) a	A 0,0(0,00) c	B 4,5(0,15) b
6-9	B 2,5(0,11) a	A 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	C 2,5(0,11) a	A 0,0(0,00) b	C 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		11,908**		46,651**		
F Profundidade (P)		12,469**		56,140**		
F (C) X (P)		4,053**		16,657**		
C.V. (%)		16,1		81,3		
d.m.s. (C)		0,08		0,08		
d.m.s. (P)		0,11		0,11		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 34b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 71,2(1,01) b	A 90,0(1,26) a	A 73,7(1,03) ab	A 99,5(1,53) a	A 97,5(1,49) a	A 98,0(1,51) a
3-6	AB 65,5(0,95) a	B 62,5(0,93) a	A 65,5(0,95) a	A 100,0(1,57) a	A 95,2(1,39) b	AB 86,2(1,25) ab
6-9	B 36,2(0,64) b	B 51,2(0,80) ab	A 65,2(0,97) a	B 65,5(0,95) a	B 69,0(1,01) a	B 78,2(1,11) a
9-12	C 10,0(0,22) a	C 10,0(0,23) a	B 15,0(0,34) a	C 29,0(0,50) a	C 21,2(0,35) a	C 25,0(0,45) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		1,533 ^{ns}		0,474 ^{ns}		
F Profundidade (P)		137,054**		203,057**		
F (C) X (P)		1,205 ^{ns}		0,754**		
C.V. (%)		36,4		29,5		
d.m.s. (C)		0,24		0,27		
d.m.s. (P)		0,31		0,35		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

O herbicida tebuthiuron proporcionou efeitos fitotóxicos as plantas de alface a partir das primeiras avaliação aos 5 e 7 DAS. Pode-se verificar que o tebuthiuron atingiu a camada de 9-12 cm já no menor acúmulo de precipitação, de 31 mm (Tabela 35a). A mobilidade do herbicida tebuthiuron tornou-se definida no solo de textura argilosa nas avaliações de 10 e 12 DAS, (Tabela 35b), pois a fitotoxicidade visual observadas nas plantas de alface foi diagnosticada na mesma profundidade do perfil do solo argiloso (9-12 cm), independente das três precipitações acumuladas (31, 62 e 114 mm). A lixiviação restrita de tebuthiuron foi observada também por Boeira et al. (2003) pelo fato do Latossolo Vermelho distroférico apresentar elevados teores de matéria orgânica e de argila, garantiu retenção aparente de todo o tebuthiuron na camada superficial, não havendo lixiviação no perfil além da camada de 0-10 cm de profundidade. Resultados obtido por Souza et al. (2008) considerando as condições em que o experimento foi conduzido, os solos argilosos é um fator importante da baixa movimentação vertical do herbicida tebuthiuron, sendo que o cultivo cana-de-açúcar em solo argilosos, onde o tebuthiuron apresenta baixa mobilidade no perfil destes solos, portanto é mais recomendado por apresentar menor risco de contaminação as águas subterrâneas.

Tabela 35a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 30,0(0,57) a	A 0,0(0,00) c	A 1,2(0,05) b	A 73,7(1,05) a	A 0,0(0,00) b	A 5,0(0,11) b
3-6	B 6,2(0,25) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	AB 61,2(0,90) a	A 0,0(0,08) b	A 2,5(0,08) b
6-9	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 40,0(0,67) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 4,2(0,14) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	100,465**			98,059**		
F Profundidade (P)	65,537**			29,105**		
F (C) X (P)	50,932**			20,637**		
C.V. (%)	88,3			85,5		
d.m.s. (C)	0,05			0,18		
d.m.s. (P)	0,07			0,23		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcseno(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 35b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 100,0(1,57) a	A 98,7(1,51) a	A 99,5(1,53) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a
3-6	A 97,5(1,49) a	A 96,2(1,43) a	A 99,5(1,52) a	A 97,5(1,49) a	A 96,2(1,43) a	A 100,0(1,57) a
6-9	B 73,5(1,09) a	A 83,5(1,19) a	A 78,7(1,15) a	B 73,5(1,09) a	A 83,5(1,19) a	A 78,7(1,15) a
9-12	C 30,0(0,55) ab	B 17,5(0,30) b	B 45,0(0,65) a	C 26,0(0,55) ab	B 17,5(0,30) b	B 45,0(0,65) a
12-15	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,764 ^{ns}			0,724 ^{ns}	
F Profundidade (P)		185,045 ^{**}			185,035 ^{**}	
F (C) X (P)		0,611 ^{ns}			0,612 ^{ns}	
C.V. (%)		30,3			28,2	
d.m.s. (C)		0,30			0,29	
d.m.s. (P)		0,39			0,40	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

^{**}significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Dados das Tabelas 36a e 36b, não expressão o potencial de lixiviação das moléculas de tebuthiuron no perfil solo de textura argiloso. Os resultados coletados dos 5, 7, 10 e 12 DAS mostram que o potencial de lixiviação de tebuthiuron não foi diagnosticado sob o acúmulo das diferentes precipitações (31, 62 e 114 mm). Mesmo as plantas de sorgo apresentando pequenas injúrias nas camadas de 0-3 cm de profundidade sob uma precipitação de 31 mm e na camada de 3-6 cm de profundidade sob a precipitação de 114 mm aos 5 e 7 DAS, as plantas de sorgo se recuperaram da fitotoxicidade nas próximas avaliações realizadas (10 e 12 DAS). Embora o presente boa solubilidade que facilita sua movimentação no solo (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005), a movimentação do tebuthiuron não pode ser diagnosticada, em virtude da planta bioindicadora (sorgo) não apresentou sensibilidade a efeito fitotóxico do tebuthiuron como as plantas de pepino e alface. Estudos de Johnsen e Morton (1989), onde a maioria do tebuthiuron foi detectado até a profundidade de 30 cm do solo durante os primeiros 5 anos, mostra que o tebuthiuron tem um potencial de lixiviação muito reduzido nas condições em que o estudo foi conduzido porém com possibilidade de atingir águas subterrâneas.

Tabela 36a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 1,2(0,05) b	A 0,0(0,00) b	A 5,0(0,19) a	A 6,5(0,25) a	A 0,0(0,00) b	A 11,2(0,29) a
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 1,2(0,05) a	B 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 4,5(0,15) a
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		4,655*			8,076**	
F Profundidade (P)		5,574**			16,248**	
F (C) X (P)		2,719**			4,984**	
C.V. (%)		33,7			19,2	
d.m.s. (C)		0,07			0,09	
d.m.s. (P)		0,09			0,12	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

*significativo a 5% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 36b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}			0,000 ^{ns}	
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}			0,000 ^{ns}	
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}			0,000 ^{ns}	
C.V. (%)		0,0			0,0	
d.m.s. (C)		0,00			0,00	
d.m.s. (P)		0,00			0,00	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas tabelas 37a e 37b encontram os resultados do comportamento do herbicida tebuthiuron em um solo de textura argilosa. Nota-se que aos 5 e 7 DAS, ainda não se definiu perfeitamente a mobilidade do tebuthiuron, porém para a precipitação de 31 mm (5 dias), verifica-se uma lixiviação mais rápida das moléculas de tebuthiuron do que para as precipitações acumuladas de 62 e 114 mm que levou maior tempo (11 e 16 dias). Já nas avaliações realizadas aos 10 e 12 DAS, mostram que sob as precipitações de 31, 62 e 114 mm, o tebuthiuron alcançou a camada de no máximo 9-12 cm de profundidade no perfil do solo argiloso conforme a fitotoxicidade encontrada nas plantas de picão-preto utilizada como planta bioindicadora. No entanto deve se ressaltar que herbicida tebuthiuron apesar de apresentar restrito na camada de 0 até 12 cm de profundidade não garante a segurança dos lençóis freáticos, pois a combinação entre baixa capacidade absorviva do tebuthiuron e sua alta persistência no solo parecem constituir fatores importantes na sua lixiviação através do perfil do solo e assim pode apresentar potencial risco de contaminação (MATALLO et al., 2003). Trabalho realizado por Diaz-Diaz e Loague (2001), com agroquímicos selecionados para o estudo de escala regional como potenciais lixiviadores, mostram que em 1996 concentração de tebuthiuron no solo era de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ a uma profundidade de 0-0,20 m já no ano de 2000 a concentração de tebuthiuron no solo já era de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ a uma profundidade de 2-4 m ilustrando o potencial de vulnerabilidade das águas subterrâneas na área do estudo à contaminação por este agrotóxicos.

Tabela 37a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 38,7(0,67) a	A 0,0(0,00) c	A 3,7(0,13) b	A 90,7(1,35) a	A 0,0(0,00) b	A 7,5(0,19) b
3-6	B 17,5(0,42) a	A 0,0(0,00) c	A 3,7(0,13) b	B 45,0(0,79) a	A 0,0(0,00) b	A 3,7(0,10) b
6-9	C 1,2(0,05) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 11,2(0,27) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 2,5(0,08) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		48,861**		41,897**		
F Profundidade (P)		36,977**		19,675**		
F (C) X (P)		19,837**		13,222**		
C.V. (%)		12,3		12,1		
d.m.s. (C)		0,10		0,25		
d.m.s. (P)		0,13		0,32		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 37b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 90,0(1,29) a	A 67,5(1,00) ab	A 67,5(0,97) b	A 100,0(1,57) a	A 93,7(1,39) a	A 88,7(1,28) a
3-6	A 83,7(1,21) a	A 62,5(0,92) ab	A 53,7(0,82) b	A 100,0(1,57) a	A 95,0(1,38) a	A 94,7(1,43) a
6-9	B 16,2(0,38) b	A 48,5(0,76) a	AB 51,2(0,80) a	A 70,7(1,10) a	B 50,7(0,74) a	AB 63,7(0,94) a
9-12	B 2,5(0,08) b	B 18,7(0,33) ab	B 22,5(0,43) a	B 2,5(0,08) b	BC 30,0(0,44) ab	B 43,7(0,65) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,012 ^{ns}		0,412 ^{ns}		
F Profundidade (P)		83,172**		96,171**		
F (C) X (P)		2,839**		1,557 ^{ns}		
C.V. (%)		47,2		43,7		
d.m.s. (C)		0,30		0,38		
d.m.s. (P)		0,39		0,50		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

A mobilidade do herbicida tebuthiuron em solo argiloso se tornou restrita como pode ser observado nas Tabelas 38a e 38b. Observa-se que aos 5, 7, 10 e 12 DAS através da fitotoxicidade visível encontradas nas plantas de capim-marmelada, sob precipitação acumulada de 31 mm, que as moléculas de tebuthiuron alcançaram no máximo a camada de 9-12 cm de profundidade, com uma precipitação de 62 mm atingiu a camada de 6-9 cm do perfil do solo e sob o maior acúmulo de precipitação (114 mm) atingiu a camada de 3-6 cm profundidade. Ressalta-se que independente da planta bioindicadora utilizada no experimento, a lixiviação do herbicida tebuthiuron ficou restrita entre a profundidade de 0 a 12 cm do solo de textura argilosa.

No entanto, o risco deste potencial de lixiviação pode aumentar pela a grande utilização deste herbicidas na cultura de cana-de-açúcar mesmo em solos argiloso e por apresentar longo efeito residual no solo. Ressalta-se que Gomes et al. (2001) estudando a ocorrência do herbicida tebuthiuron em águas subterrâneas, constatou que mesmo com os baixos valores de concentração encontrados ficou evidente que o tebuthiuron está atingindo a águas subterrâneas com grande chances de aumentar sua concentração pela existência de condições ambientais favoráveis à preservação da molécula em profundidade, tais como baixa temperatura, baixa atividade biológica e ausência de luz.

Ressalta-se que dentro as espécies bioindicadoras utilizadas, o sorgo e o capim-marmelada mostraram-se inadequados para estudos com o herbicida tebuthiuron, uma vez que apresentaram resultados inconsistente e a presença do herbicida apenas em camadas mais superficiais do solo em comparação as demais plantas bioindicadoras.

Tabela 38a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 37,5(0,65) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 97,5(1,49) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	368,574**			346,891**		
F Profundidade (P)	368,574**			346,891**		
F (C) X (P)	368,574**			346,891**		
C.V. (%)	51,0			52,6		
d.m.s. (C)	0,02			0,05		
d.m.s. (P)	0,03			0,07		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 38b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura argilosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	31 mm	62 mm	114 mm	31 mm	62 mm	114 mm
0-3	A 97,5(1,49) a	A 78,7(1,11) b	A 60,0(0,89) b	A 100,0(1,57) a	A 95,0(1,41) ab	A 85,0(1,17) b
3-6	B 85,0(1,18) a	B 45,0(0,73) b	A 48,7(0,77) b	A 100,0(1,57) a	A 95,0(1,41) a	A 65,2(0,95) b
6-9	C 45,0(0,73) a	C 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	A 86,0(1,28) a	B 11,2(0,18) b	B 0,0(0,00) b
9-12	D 16,2(0,23) a	C 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b	B 27,5(0,47) a	B 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) b
12-15	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	31,725**			27,306**		
F Profundidade (P)	138,675**			117,452**		
F (C) X (P)	6,170**			6,979**		
C.V. (%)	45,9			45,7		
d.m.s. (C)	0,23			0,32		
d.m.s. (P)	0,30			0,42		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Ao utilizar-se plantas de pepino como planta indicadora do herbicida tebuthiuron, nota-se aos 5 DAS que sob uma chuva acumulada de 36 mm o herbicida ficou posicionado na superfície do solo (0-3 cm), já com 65 mm este deslocou até 6-9 cm de profundidade e com 116 mm não se observou nenhuma injúria nas plantas de pepino e o mesmo foi observado aos 7 DAS (Tabela 39a). Estes resultados inconsistentes não foram verificados nas demais avaliações (Tabela 39b). Aos 10 e 12 DAS, confirmou-se o potencial de lixiviação do herbicida tebuthiuron em solo de textura média arenosa, com o produto posicionando-se na camada de 6-9 cm após uma precipitação acumulada de 36 mm e sob uma precipitação acumulada de 65 mm em 9-12 cm e sob 116 mm o herbicida atingiu a camada de 12-15 cm de profundidade. Estes resultados mostraram que a movimentação do tebuthiuron no perfil do solo dependeu da quantidade de precipitação acumulada no perfil do solo médio arenoso. Matallo et al. (2004) estudaram o risco de contaminação das águas subterrâneas com o herbicida tebuthiuron e, estes concluíram que há existência de risco de lixiviação principalmente em solos arenosos pelos fatores de dispersão e/ou convecção atribuídos aos solos das colunas com o Neossolo Quartzarênico, sendo que este comportamento poderia ser devido à dispersão e difusão do herbicida em microporos associado com o movimento diferencial de água através dos poros do solo. Para maioria dos agroquímicos em Neossolo Quartzarênico o tempo de percurso no perfil do solo é causado devido ao menor valor de capacidade de campo, resultando num maior potencial de lixiviação, o que permite estimar que cerca dos 54% do tebuthiuron aplicados na superfície do solo pode atravessar os primeiros 120 cm de Neossolo Quartzarênico (SPADOTTO et al., 2002). Nas condições do estudo o herbicida tebuthiuron apresentou grande potencial de lixiviação no solo Latossolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 39a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 5,0(0,16) a	A 3,7(0,17) a	A 0,0(0,00) b	A 13,7(0,37) a	A 8,0(0,24) b	A 0,0(0,00) c
3-6	B 0,0(0,00) a	AB 1,2(0,05) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	A 4,5(0,15) a	A 0,0(0,00) b
6-9	B 0,0(0,00) a	A 3,7(0,17) b	A 0,0(0,00) b	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,677**		8,757**		
F Profundidade (P)		6,446**		22,257**		
F (C) X (P)		2,813**		7,508**		
C.V. (%)		36,6		65,8		
d.m.s. (C)		0,09		0,09		
d.m.s. (P)		0,12		0,11		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 39b. Porcentagem de fitotoxicidade de pepino (*Cucumis sativus*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 81,2(1,14) a	A 80,0(1,12) a	A 40,0(0,67) b	A 99,0(1,50) a	A 99,7(1,54) a	A 96,2(1,43) a
3-6	A 60,0(0,89) a	A 76,2(1,06) a	A 37,5(0,65) b	B 84,2(1,18) a	AB 90,5(1,27) a	B 65,2(0,95) b
6-9	B 23,7(0,48) b	A 62,5(0,92) a	A 42,5(0,71) a	C 39,0(0,67) b	B 82,5(1,15) a	B 52,5(0,81) b
9-12	C 0,0(0,00) c	B 15,0(0,27) b	A 38,7(0,65) a	D 0,0(0,00) c	C 16,2(0,29) b	B 41,2(0,69) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 11,2(0,18) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	D 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		6,365**		6,403**		
F Profundidade (P)		133,419**		241,174**		
F (C) X (P)		8,487**		6,353**		
C.V. (%)		35,7		27,3		
d.m.s. (C)		0,21		0,22		
d.m.s. (P)		0,28		0,29		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).
**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Nas Tabelas 40a e 40b, nota-se que aos 5 e 7 DAS, as avaliações realizadas de fitotoxicidade não diagnosticaram nenhum residual do herbicida sobre as plantas de alface, com exceção do tratamento que recebeu 116 mm de chuva, no qual o herbicida foi detectado até a camada de 3-6 cm. Ressalta-se que nas avaliações de 10 e 12 DAS confirmou-se a mobilidade do herbicida tebuthiuron, sendo que sob uma precipitação acumulada de 36 mm o herbicida atingiu a profundidade de 6-9 cm, já sob um acúmulo de precipitação de 65 mm e 116 mm as moléculas do tebuthiuron atingiram a camada de 9-12 cm de profundidade. Estes dados mostram que a mobilidade do herbicida tebuthiuron está restrita a profundidade de 12 cm nas precipitações estudadas devido ao baixo potencial de lixiviação, conforme estudos feito por Cerdeira et al. (2005) que coletaram amostras de águas subterrâneas durante os anos de 1996 a 2003, e revelou que o tebuthiuron não estava presentes nas amostras, contudo Gomes et al. (2001) de forma oposta concluíram que o herbicida tebuthiuron era encontrado em águas subterrâneas. Em outros trabalhos de Cerdeira et al. (2007), em que analisaram amostras de solo coletadas durante os anos 2004 e 2005, da superfície do solo até 120 cm profundidade, constaram que aos 180 dias após a aplicação também não havia resíduos mensuráveis no solo do tebuthiuron, além disto o tebuthiuron não foi encontrado abaixo de 40 cm de profundidade do solo em qualquer momento do estudo.

Tabela 40a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 36,2(0,63) a
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	B 20,0(0,40) a
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}			35,430**	
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}			16,158**	
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}			16,158**	
C.V. (%)		0,0			16,6	
d.m.s. (C)		0,00			0,12	
d.m.s. (P)		0,00			0,15	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade. ^{ns}não significativo. Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 40b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de alface (*Lactuca sativa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 95,0(1,41) a	A 86,7(1,24) a	A 91,2(1,27) a	A 100,0(1,57) a	A 99,5(1,53) a	A 100,0(1,57) a
3-6	AB 65,0(1,01) a	A 87,5(1,21) a	A 86,0(1,19) a	A 87,5(1,37) a	A 94,0(1,34) a	A 97,5(1,49) a
6-9	B 57,0(0,84) a	A 80,0(1,11) a	A 52,0(0,81) a	A 99,7(1,54) a	A 85,0(1,18) b	B 58,7(0,88) b
9-12	C 0,0(0,00) a	B 15,0(0,28) a	A 20,0(0,27) a	B 0,0(0,00) b	B 22,5(0,36) a	B 35,0(0,50) a
12-15	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,907 ^{ns}			0,014 ^{ns}	
F Profundidade (P)		79,475**			178,657**	
F (C) X (P)		0,725 ^{ns}			3,163**	
C.V. (%)		50,2			32,6	
d.m.s. (C)		0,37			0,30	
d.m.s. (P)		0,49			0,40	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

A porcentagem de fitotoxicidade avaliadas nas plantas de sorgo (Tabelas 41a e 41b), não puderam definir claramente a mobilidade do herbicida tebuthiuron, independente das épocas de avaliações (5, 7, 10 e 12 DAS), como outras plantas bioindicadoras estudadas como o pepino e o alface. As plantas de sorgo não puderam apresentar a presença do residual do herbicida tebuthiuron no solo de textura média arenosa, não sendo suficiente para ser diagnosticada pelas plantas de sorgo através da porcentagem de fitotoxicidade pois o herbicida tebuthiuron não apresenta fitotoxicidade eficiente sobre as plantas de sorgo. Algo que deve se ressaltar que o uso constante de tebuthiuron ainda é um risco em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, como comprova estudos realizados por Pessoa et al. (2003a), no qual resultados obtidos para tebuthiuron, constatou-se haver um potencial de risco de contato com o lençol freático nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar em solos como Latossolo Vermelho Eutrófico, Neossolo Quartzarênico Distrófico e Neossolo Quartzarênico Álico, fato que se evidencia por meio dos valores de profundidade obtidos, cumulativamente, para um período de três anos, que mostraram a tendência da presença do produto no lençol freático dos três solos, mesmo que em níveis de concentração não prejudiciais à saúde, dada

pela sua maior persistência e mobilidade contaminando as águas subterrâneas nos anos após a aplicação e privilegiado ainda pela localização dos lençóis freáticos no solo. Resultados semelhantes observado em estudo realizado durante quatro ano por Pessoa et al. (2003b), diagnosticaram que o herbicida tebuthiuron alcançou a maior profundidade simulada em Neossolo Quartzarênico (9,43 m) do que em Latossolo Vermelho Distrófico (4,25 m).

Tabela 41a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 17,5(0,42) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 3,7(0,17) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}			69,575**	
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}			36,918**	
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}			36,918**	
C.V. (%)		0,0			17,4	
d.m.s. (C)		0,00			0,04	
d.m.s. (P)		0,00			0,06	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Tabela 41b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
3-6	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
6-9	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}
F Profundidade (P)		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}
F (C) X (P)		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}		0,000 ^{ns}
C.V. (%)		0,0		0,0		0,0
d.m.s. (C)		0,00		0,00		0,00
d.m.s. (P)		0,00		0,00		0,00

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
^{ns} não significativo.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcsen(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Considerando as condições em que o experimento foi conduzido, pode-se entender que a fitotoxicidade visual observadas nas plantas de picão-preto expressaram claramente o potencial de lixiviação do herbicida tebuthiuron (42a e 42b). Verifica-se nas avaliações (5, 7, 10 e 12 DAS) a evolução da fitotoxicidade nas plantas de picão-preto, chegando aos 12 DAS, com uma definição final da lixiviação sob as precipitações analisadas, sendo que o residual do herbicida tebuthiuron atingiu no máximo a camada de 6-9 cm de profundidade sob uma precipitação acumulada de 36 mm, no entanto quando submetido a um acúmulo de precipitação de 65 mm, as moléculas do herbicida chegaram a camada de 9-12 cm de profundidade e sob a maior precipitação, um acúmulo de 116 mm, o herbicida atingiu a maior profundidade nestas condições, de 12-15 cm da camada do perfil do solo de textura média arenosa. O herbicida tebuthiuron mesmo apresentando uma mobilidade restrita em solos de textura média arenosa podem trazer problemas de contaminação, comprovado por trabalhos feito por Dornelas Souza et al. (2001), em solo Neossolo Quartzarênico, com menores teores de argila e de carbono orgânico, o tebuthiuron atingiu até 60 cm de profundidade no teste de lixiviação em colunas, o que indicou um maior risco potencial de

contaminação das águas subterrâneas. Trabalho realizado por Queiroz et al. (2004) desenvolvendo métodos para a determinação de agroquímicos em água subterrânea coletada de um poço artesiano na Bélgica, entre os agroquímicos analisados o tebuthiuron foi detectados tanto em na água subterrâneas. Fator importante do tebuthiuron atingindo águas subterrâneas.

Tabela 42a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 40,0(0,68) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 98,7(1,51) a	A 27,5(0,53) b	A 23,5(0,48) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) c	A 28,7(0,55) a	AB 13,7(0,31) b
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) b	B 8,7(0,21) a	BC 8,7(0,20) ab
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		920,111**			2,230 ^{ns}	
F Profundidade (P)		920,111**			71,704**	
F (C) X (P)		920,111**			16,335**	
C.V. (%)		32,3			76,1	
d.m.s. (C)		0,01			0,25	
d.m.s. (P)		0,02			0,26	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação "y = arco seno (raiz (x / 100))".

Tabela 42b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 95,0(1,41) a	A 92,5(1,30) a	A 37,5(0,65) b	A 100,0(1,57) a	A 99,2(1,51) a	B 41,2(0,69) b
3-6	A 77,7(1,17) a	A 86,2(1,19) a	A 65,0(0,94) a	A 98,7(1,51) a	AB 97,7(1,46) a	A 96,2(1,43) a
6-9	B 5,2(0,12) a	B 46,2(0,75) a	A 56,2(0,85) a	B 37,5(0,65) b	B 74,0(1,06) a	B 67,5(0,99) a
9-12	B 0,0(0,00) b	C 17,5(0,24) b	A 53,7(0,82) a	C 0,0(0,00) b	C 18,7(0,26) b	AB 77,5(1,09) a
12-15	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 20,0(0,27) a
15-20	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	2,430 ^{ns}			2,191 ^{ns}		
F Profundidade (P)	85,499**			125,510**		
F (C) X (P)	8,445**			10,011**		
C.V. (%)	46,6			36,0		
d.m.s. (C)	0,31			0,31		
d.m.s. (P)	0,40			0,41		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

**significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}não significativo.

Dados transformados segundo a equação “y = arco seno (raiz (x / 100))”.

Os dados das Tabelas 43a e 43b permitem observar que o herbicida tebuthiuron atingiu a camada de 6-9 cm de profundidade sob um acúmulo de precipitação de 36 mm já aos 12 DAS, na mesma avaliação sob uma precipitação de 65 mm as moléculas do tebuthiuron chegaram a camada de 9-12 cm de profundidade, porém na avaliação da fitotoxicidade do capim-marmelada o tebuthiuron quando submetido a precipitação de 116 mm permaneceu na camada de 3-6 cm no perfil do solo. Não se sabe o porque desta inconsistência de informação, uma vez que o capim-marmelada é muito sensível a este herbicida. Assim esta planta não seria indicada como bioindicadora para o herbicida tebuthiuron. O herbicida tebuthiuron caracterizou-se por ter sua mobilidade restrita até a profundidade de no máximo 12 cm no perfil dos dois solos testado (argiloso e média arenosa) sob as três precipitações acumuladas, isto aconteceu pois as doses recomendadas para o tebuthiuron quando aplicadas corretamente permite que o maior residual do herbicida não tenha uma lixiviação acentuada, garantindo a eficiência da molécula e menor contaminação possível. A textura é uma propriedade física do solo relacionada com o tamanho das partículas e é o principal critério para recomendação da dose de herbicidas aplicados em pré-emergência

ou pré-plantio incorporado, sua importância deve ser respeitada para se ter eficiência no controle de plantas daninhas.

Segundo Oliveira Jr. (1998) o manejo diferenciado de doses na aplicação de herbicidas pode contribuir para a redução das concentrações de herbicidas na água de escoamento superficial, aumento na eficiência da utilização de herbicidas e identificação de áreas de campo com alto potencial de perdas por lixiviação para o lençol de água subterrâneo. Uma implicação importante que pode ser presumida da comparação as características dos solos é o fato de que eventuais aumentos da dose de um herbicida, em solos de textura mais leve ou de menor teor de matéria orgânica, podem não surtir efeito no aumento de sua atividade residual, já que há lixiviação para camadas mais profundas (INOUE et al., 2008).

Ressalta-se que dentre as espécies bioindicadoras utilizadas neste estudo para o solo de textura média arenosa, o sorgo e o capim-marmelada não seriam indicados para o estudo de lixiviação com tebuthiuron.

Tabela 43a. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	5 DAS			7 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 45,0(0,73) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b	A 95,0(1,45) a	A 0,0(0,00) b	A 0,0(0,00) b
3-6	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
6-9	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
9-12	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
12-15	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
15-20	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
20-25	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
25-30	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a	A 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)	1074,383**			160,078**		
F Profundidade (P)	1074,383**			160,078**		
F (C) X (P)	1074,383**			160,078**		
C.V. (%)	29,8			77,4		
d.m.s. (C)	0,01			0,07		
d.m.s. (P)	0,02			0,10		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). **significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcseno(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

Tabela 43b. Porcentagem de fitotoxicidade em plantas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) após aplicação do herbicida tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹) em solo de textura média arenosa, sob diferentes precipitações acumuladas. Botucatu/SP, 2010.

Profundidade (cm)	Precipitação Acumulada					
	10 DAS			12 DAS		
	36 mm	65 mm	116 mm	36 mm	65 mm	116 mm
0-3	A 92,5(1,37) a	A 91,2(1,32) a	A 40,0(0,68) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	A 97,0(1,45) a
3-6	A 88,7(1,32) a	AB 85,0(1,18) a	B 3,7(0,10) b	A 100,0(1,57) a	A 100,0(1,57) a	B 3,7(0,10) b
6-9	B 47,5(0,76) a	B 58,7(0,88) a	B 0,0(0,00) b	B 65,0(0,99) a	B 77,5(1,10) a	B 0,0(0,00) b
9-12	C 0,0(0,00) a	C 7,5(0,14) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 11,2(0,18) a	B 0,0(0,00) a
12-15	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
15-20	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
20-25	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
25-30	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	C 0,0(0,00) a	B 0,0(0,00) a
F Precipitação (C)		58,560**			80,984**	
F Profundidade (P)		121,879**			286,541**	
F (C) X (P)		14,354**			29,370**	
C.V. (%)		44,6			29,4	
d.m.s. (C)		0,24			0,21	
d.m.s. (P)		0,31			0,27	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

**significativo a 1% de probabilidade.

Dados transformados segundo a equação “ $y = \arcseno(\text{raiz}(x / 100))$ ”.

7. CONCLUSÕES

A lixiviação dos herbicidas s-metolachor e metribuzin foi dependente da precipitação pluvial recebida para os dois tipos de solo estudados (argiloso e média arenoso).

A lixiviação dos herbicidas sulfentrazone e tebuthiuron não foi dependente da precipitação pluvial recebida para o solo de textura argilosa. Para o solo de textura média arenosa a lixiviação mostrou-se dependente da precipitação pluvial recebida.

A eficácia da planta bioindicadora depende do tipo de solo, precipitação pluvial e do tipo de herbicida utilizado.

A metodologia de utilização de plantas bioindicadoras mostrou-se eficiente para avaliação da mobilidade de herbicida no perfil do solo.

8. REFERÊNCIAS

ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; FERRAUDO, A. S. Soil attributes and the efficiency of sulfentrazone on control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 319-325, maio/jun. 2004.

ARCHANGELO, E. R. et al. Tolerância do sorgo forrageiro ao herbicida primestra sc. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 59-66, 2002.

BACHEGA, T. F. et al. Lixiviação de sulfentrazone e amicarbazone em colunas de solo com adição de óleo mineral. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 363-370, abr./jun. 2009.

BAKSH, A. et al. Using RZWQM to predict herbicide leaching losses in subsurface drainage water. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 47, n. 5, p. 1415-1426, 2004.

BEDMAR, F. et al. Transport of atrazine and metribuzin in three soils of the humid pampas of Argentina. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 1, p. 1-8, Jan. 2004.

BICALHO, S. T. T. et al. Herbicide distribution in soils of a riparian forest and neighboring sugar cane field. **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, n. 3, p. 392-397, 2010.

BLANCO, F. M. G. Controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 9., 2003, Catanduva. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2003. p. 83-89.

BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 71-75, 2010.

BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 693-700, out./dez. 2005.

BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D.; FERRACINI, V. L. Utilização de colunas de solo para avaliação de lixiviação de agrotóxicos. In: CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., 2003, Valladolid. **Resúmenes...** Valladolid: ITACYL, 2003.

BOWMAN, B. T. Mobility and dissipation studies of metribuzin, atrazine and their metabolites in plainfield sand using field lysimeters. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v. 10, n. 5, p. 573-579, May 1991.

BOWMAN, B. T. Mobility and persistence of metolachlor and aldicarb in field lysimeters. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 17, n. 4, p. 689-694, Oct./Dec. 1988.

CAETANO, L. C. S. et al. Adsorção e lixiviação do herbicida napropamida em dois latossolos. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 129-134, abr./jun. 1995.

CAETANO, L. C. S. et al. Efeito do modo de aplicação do metribuzin e de sua combinação com trifluralin sobre a cultura do guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 247, p. 245-253, 1996.

CAÑERO, A. I. et al. Effect of soil amendment with an organic residue on s-metolachlor fate. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RECYCLING AGRICULTURAL, MUNICIPAL AND INDUSTRIAL RESIDUES IN AGRICULTURE NETWORK, 14., 2010, Lisboa. **Abstracts...** Roma: FAO, 2010. 1 CD-ROM.

CERDEIRA, A. L. et al. Herbicide leaching on a recharge area of the Guarany aquifer in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, New York, v. 40, n. 1, p. 159-165, 2005.

CERDEIRA, A. L. et al. Leaching and half-life of the herbicide tebuthiuron on a recharge area of Guarany aquifer in sugarcane fields in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, New York, v. 42, n. 6, p. 635-639, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. São Paulo: BASF. 2005. 49 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005, Piracicaba. **Palestras...** Piracicaba, SP: ESALQ/POTAFOS, 2005.

COMPANHIA Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2012/2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2012.

CONN, J. S. et al. Persistence of metribuzin and metabolites in two subarctic soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, n. 5, p. 1048-1053, Sept./Oct. 1996.

COUTINHO, H. L. C. et al. Análise espacial do potencial de lixiviação de herbicidas em áreas de afloramento do aquífero Guarani na Alta Bacia do Rio Taquari, MS. In: GOMES, M. A. F. (Ed.). **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 193-214.

DAN, H. A. et al. Atividade residual de herbicidas pré-emergentes aplicados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 437-445, abr./jun. 2011.

DAN, H. A. et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 388-393, out./dez. 2010a.

DAN, H. A. et al. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, p. 1087-1095, 2010b.

DANIEL, P. E. et al. Atrazine and metribuzin sorption in soils of the Argentinean humid pampas. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Houston, v. 21, n. 12, p. 2567-2572, Dec. 2002.

DEUBER, R. et al. Manejo de plantas daninhas em beterraba com metamitron e sua persistência em argissolo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 283-289, 2004.

DIAZ-DIAZ, R.; LOAGUE, K. Assessing the potential for pesticide leaching for the pine forest areas of tenerife. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 20, n. 9, p. 1958-1967, Sep. 2001.

DORNELAS SOUZA, M. et al. Adsorção e lixiviação de tebuthiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 1053-1061, 2001.

DOWER NETO, J. B. et al. Avaliação da seletividade dos herbicidas: bentazon; atrazine; alachlor + atrazine e atrazine + metolachlor utilizados em pós-emergência, sobre a cultura do milho (*Zea mays*) cargil 32. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 2, n. 3, p. 5-8, jun. 2003.

EMMERICH, W. E. Tebuthiuron-environmental concerns. **Journal of Rangelands**, Collingwood, v. 7, n. 4, p. 14-16, 1985.

EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK. Metribuzin (Sencor) pesticide information profiles, 1996. Disponível em: <<http://extoxnet.orst.edu/pips/metribuz.htm>>. Acesso em: 12 maio 2011.

EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK. S-metolachlor (Dual Gold) herbicide profile 2. 2000. Disponível em: <<http://extoxnet.orst.edu/ghindex.html>>. Acesso em: 12 maio 2011.

FERRACINI, V. L. et al. Método para a determinação de hexazinone e tebutiuron em água. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 380-382, maio/jun. 2005.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Algodão, uma fibra natural: anais...** Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2005. 1 CD-ROM.

- FONTES, J. R. A. et al. Lixiviação de herbicidas no solo aplicados com água de irrigação em plantio direto. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 623-631, out./dez. 2004.
- FONTES, J. R. A. et al. Metolachlor e fomesafen aplicados via irrigação por aspersão em plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 99-106, Jan./Mar. 2006.
- FREITAS, S. P et al. Efeitos de dejetos de suínos na forma líquida e de composto orgânico na atividade do metribuzin. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 109-117, jan./abr. 1999.
- FREITAS, R. S. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodoeiro em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 339-346, abr./jun. 2006.
- FMC CORPORATION. **Technical bulletin of sulfentrazone**. Philadelphia, 1995. 6 p.
- GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do córrego espraçado, Ribeirão Preto – SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 65-76, jan./dez. 2001.
- GOMES, M. A. F. et al. Movimento do herbicida tebutiuron em dois solos representativos das áreas de recarga do aquífero Guarani. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 479-483, 2006.
- GREY, T. L. et al. Residual herbicide dissipation from soil covered with low-density polyethylene mulch or left bare. **Weed Science**, Lawrence, v. 55, n. 6, p. 638-643, 2007.
- GREY, T. L. et al. Sulfentrazone adsorption and mobility as affected by soil and pH. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 5, p. 733-738, 1997.
- GUERRA, N. et al. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v. 10, n. 1, p. 37-48, jan./abr. 2011.
- GUIMARÃES, G. L. Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 159-180, 1987.
- GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v. 8, n. 4, p. 339-357, 1989.
- HEATWOLE, C. D. et al. **Fate and transport of pesticides in a Virginia coastal plain soil**. Blacksburg: Virginia Water Resources Research Center, 1992. 116 p. (Bulletin, n. 175).
- HELLING, C. S. Pesticide mobility in soils. III. Influence of soil properties. **Soil Science Society of America**, Washington, DC, v. 35, p. 743-748, 1971.
- INOUE, M. H. et al. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 125-132, abr. 2002.
- INOUE, M. H. et al. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no Estado do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 2, p. 313-323, maio/ago. 2003.

- INOUE, M. H. et al. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 631-638, 2008. Suplemento.
- INOUE, M. H. et al. Performance de associações de herbicidas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Umuarama, v. 6, n. 2, p. 32-41, jul./dez. 2007a.
- INOUE, M. H. et al. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 547-555, jul./set. 2007b.
- INOUE, M. H. et al. Potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura do algodão em colunas de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 825-833, dez. 2010.
- JAVARONI, R. C.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alachlor em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 58-64, jan./fev. 1999.
- JOHNSEN JUNIOR, T. N. MORTON, H. L. Tebuthiuron persistence and distribution in some semiarid soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 18, n. 4, p. 433-438, Oct./Dec. 1989.
- JOHNSON, A. B. Adsorption and degradation of metolachlor and metribuzin in a no-till system under three winter crop covers. **Soil and Sediment Contamination**, Amherst, v. 10, n. 5, p. 525-537, 2001.
- KARAM, D. et al. **Características do herbicida s-metolachlor nas culturas de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 3 p. (Circular Técnica, 36).
- KJÆR, J. et al. Leaching of metribuzin metabolites and the associated contamination of a sandy Danish aquifer. **Environmental Science & Technology**, cidade, v. 39, n. 21, p. 8374-8381, Nov. 2005.
- KODEŠOVÁ, R. et al. Pesticide adsorption in relation to soil properties and soil type distribution in regional scale. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 186, n. 1, p. 540-550, Feb. 2011.
- KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 37- 44, jan./abr. 2003.
- KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 2, p. 241-251, ago. 2000.
- LAGAT, S. C. et al. Metribuzin mobility in soil column as affected by environmental and physico-chemical parameters in Mumias sugarcane zone, Kenya. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 3, p. 27-33, Mar. 2011.
- LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no meio ambiente. In: WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO, 1996, Campinas. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1996. p. 81-115.

LIMA, A. C. A. et al. Electroanalytical studies of sulfentrazone in protic medium, its degradation by the electro-Fenton process, and toxicity assessment using ss-DNA. **Chemosphere**, Oxford, v. 81, n. 7, p. 884–889, Nov. 2010.

LIN, Y. et al. Effect of simulated sunlight on atrazine and s-metolachlor toxicity of surface waters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 35-37, May 1999.

LOURENCETTI, C. et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 1-14, jan./dez. 2005.

LOURENCETTI, C. et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 688-694, maio/jun. 2007.

MAJUMDAR, K.; SINGH, N. Effect of soil amendments on sorption and mobility of metribuzin in soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 66, n. 4, p. 630-637, Jan. 2007.

MALONE, R. W. et al. Herbicide leaching as affected by macropore flow and within-storm rainfall intensity variation: a RZWQM simulation. **Pest Management Science**, cidade, v. 60, n. 3, p. 277-285, Mar. 2004.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrovit. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 jan. 2011.

MAQUEDA, C. et al. Novel System for reducing leaching of the herbicide metribuzin using clay-gel-based formulations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 56, n. 24, 11941-11946, Dec. 2008.

MARTINEZ, C. O. et al. Microbial degradation of sulfentrazone in a brazilian rhodic hapludox soil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 209-217, jan./mar. 2010.

MATALLO, M. B. et al. Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 83-90, jan./dez. 2003.

MATALLO, M. B. et al. Sorption, degradation and leaching of tebutiuron and diuron in soil columns. **Journal of Environmental Science and Health B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, New York, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2004.

MELO, C. A. D. et al. Lixiviação de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen no perfil de três solos. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 385-392, abr./jun. 2010.

MERDUN, H. Factors affecting preferential flow. **Journal of Science and Engineering**, West Bengal, v. 7, n. 2, p. 90-94, 2004.

MONQUERO, P. A. et al. Potencial de lixiviação de herbicidas no solo submetidos a diferentes simulações de precipitação. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 403-409, abr./jun. 2008.

MONQUERO, P. A. et al. Lixiviação e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 185-195, jan./mar. 2010.

- NEGRISOLI, E. et al. Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 621-628, jul./set. 2007.
- NIEKAMP, J. W.; JOHNSON, W. G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, Guildford, v. 20, n. 3, p. 215-220, Apr. 2001.
- NUNES, A. L.; VIDAL, R. A. Persistência do herbicida s-metolachlor associado ao glyphosate ou paraquat em plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 385-393, abr./jun. 2008.
- OGNER, G. Glyphosate application in Forest-ecological aspects. II. The quality of water leached from forest soil lysimeters. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Vancouver, v. 2, n. 1-4, p. 469-480, 1987.
- OHMES, G. A.; MUELLER, T. C. Sulfentrazone adsorption and mobility in surface soil of the southern United States. **Weed Technology**, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 796-800, Jul./Sep. 2007.
- OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-362.
- OLIVEIRA, M. F. et al. Lixiviação de flumioxazin e metribuzin em dois solos em condições de laboratório. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 17, n. 2, p. 207-215, maio/ago. 1999.
- OLIVEIRA, M. F. et al. Retenção do herbicida nicosulfuron em latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Comportamento dos herbicidas residuais no solo: relação entre parâmetros físico-químicos e atributos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Palestras...** Uberlândia: EDUEM, 2007.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 209-260.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. 1998. 83 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.
- PAPIERNIK, S. K.; KOSKINEN, W. C.; YATES, S. R. Solute transport in eroded and rehabilitated prairie landforms. 2. Reactive solute. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 57, n. 16, p. 7434-7439, Aug. 2009.
- PASSOS, A. T. M.; FOLONI, J. S. S.; FAGAN, E. R. Lixiviação no solo de herbicidas em razão da percolação de água. **Científica**, Jaboticabal, v. 39, n. 1/2, p. 85-93, 2011.

- PESSOA, M. C. P. Y. et al. Simulação de aldicarb e tebuthiuron movimento em solos sob cultivos de banana e cana-de-açúcar no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 297-302, 2003a.
- PESSOA, M. C. P. Y. et al. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 111-122, jan./dez. 2003b.
- PIRES, N. M. et al. Adsorção e lixiviação de trifluralin e imazaquin em diferentes solos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 44, n. 253, p. 300-314, 1997.
- PIRES, F. R. et al. Avaliação da fitorremediação de tebuthiuron utilizando *Crotalaria juncea* como planta indicadora. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 245-250, jun. 2008.
- PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com tebuthiuron utilizando-se espécies cultivadas para adubação verde. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 711-717, out./dez. 2005.
- PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.
- PITTMAN, J. R.; BERNDT, M. B. Occurrence of herbicide degradation compounds in streams and ground water in agricultural areas of southern Georgia, 2002. In: GEORGIA WATER RESOURCES CONFERENCE, 2003, Athens. **Proceedings...** Athens: University of Georgia, 2003. v. 2, p. 856-859.
- POT, V. et al. Metribuzin transport in undisturbed soil cores under controlled water potential conditions: experiments and modelling to evaluate the risk of leaching in a sandy loam soil profile. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 67, n. 4, p. 397-407, Apr. 2011.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 17-22, jul./dez. 2000.
- PRATA, F. et al. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 175-180, jan./feb. 2003.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida s-metolachlor em diferentes tipos de solos. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 409-417, set./dez. 2001a.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Eficiência do s-metolachlor no controle de *Brachiaria plantaginea* na cultura do feijão sob dois manejos de irrigação. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 427-433, set./dez. 2001b.
- PROCÓPIO, S. O. et al. Seletividade do s-metolachlor a cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 150-157, jan./fev. 2003.

- QUEIROZ, S. C. N. et al. Determination of pesticides in water by liquid chromatography-(electrospray ionization) - mass spectrometry (LC-ESI-MS). **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 14, p. 53-60, jan./dez. 2004.
- REDDY, K. N.; LOCKE, M. A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soil from two tillage systems. **Weed Science**, Lawrence, v. 46, n. 4, p. 494-500, Jul./Aug. 1998.
- REGITANO, J. B.; KOSKINEN, W. C.; SADOWSKY, M. J. Influence of soil aging on sorption and bioavailability of simazine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 54, n. 4, p. 1373-1379, Feb. 2006.
- RICE, P. J.; ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Effect of sediment on the fate of metolachlor and atrazine in surface water. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 23, n. 5, p. 1145-1155, May. 2004.
- RIVARD, L. **Environmental fate of metolachlor**. California Department of Pesticide Regulation Environmental Monitoring Branch. April 2003. Disponível em: <<http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/metolachlor.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2011.
- RIZZI, F. R. **Sorção de sulfentrazone em função da textura, matéria orgânica e umidade de solos**. 2003. 84 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591 p.
- RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 17, n. 3, p. 445-458, set./dez. 1999.
- ROSENBOM, A. E. et al. Ability of the macro model to predict long-term leaching of metribuzin and diketometribuzin. **Environmental Science & Technology**, Dordrecht, v. 43, n. 9, p. 3221-3226, May 2009.
- ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JUNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em latossolo vermelho e em chernossolo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 701-710, out./dez. 2005a.
- ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JUNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em nitossolo vermelho e em neossolo quartzarênico. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 111-120, jan./abr. 2003.
- ROSSI, C. V. S. et al. Efeito da calagem na disponibilidade do sulfentrazone no perfil de um latossolo vermelho distroférico e nitossolo vermelho. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 106-114, 2007.
- ROSSI, C. V. S. et al. Mobilidade do sulfentrazone no perfil de classes de solos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 1, p. 65-77, 2005b.

SANCHEZ-MARTIN, M. J.; CRISANTO, T.; ARIENZO, M. Evaluation of the mobility of C14-labelled pesticides in soils by thin layer chromatography using a linear analyser. **Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, Madison, v. 29, n. 3, p. 473-484, 1994.

SCRIBNER, E. A. et al. **Concentrations of selected herbicides, herbicide degradation products, and nutrients in the lower Mississippi river, Louisiana, April 1991 through December 2003**. Reston: U. S. Geological Survey Data Series 165, 2006. 84 p.

SERGIO, C. et al. Levantamento físico conservacionista do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 22, n. 2, p. 170-184, 2005.

SHANER, D. L.; FARAHANI, H. J.; BUCHLEITER, G. W. Predicting and mapping herbicide-soil partition coefficients for EPTC, metribuzin, and metolachlor on three Colorado fields. **Weed Science**, Lawrence, v. 56, n. 1, p. 133-139, Jan./Feb. 2008.

SILVA, A. A. **Bioatividade do alachlor e do metribuzin sob diferentes manejos de água e efeitos do metribuzin, sob estas condições em soja**. 1989. 138 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. p. 189-248.

SILVA, F. M. L. et al. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 61-72, 2009.

SILVA, D. R. O. et al. Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 748-753, 2011.

SINGH, N. Organic manure and urea effect on metolachlor transport through packed soil columns. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1743-1749, Sep./Oct. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42 p.

SOUTHWICK, L. M.; APPELBOOM, T. W.; FOUSS, J. L. Runoff and leaching of metolachlor from Mississippi river alluvial soil during seasons of average and below-average rainfall. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 57, n. 4, p. 1413-1420, 2009.

SOUZA, E. L. C. et al. Comportamento do tebuthiuron em solo de cultivo de cana-de-açúcar utilizando lisímetro de drenagem modificado. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 157-163, jan./mar. 2008.

SOUZA, A. P. et al. Lixiviação de glyphosate e imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química. I. Método do bioensaio. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 5-16, 2000.

SPADOTTO, C. A. Comportamento e destino ambiental de herbicidas. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; HORNSBY, A. G. Pesticide leaching potential assessment in multilayered soils. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 1-12, jan./dez. 2002.

STENRØD, M. et al. Cold climatic conditions: Effects on bioavailability and leaching of the mobile pesticide metribuzin in a silt loam soil in Norway. **Cold Regions Science and Technology**, Lebanon, v. 53, n. 1, p. 4-15, Jun. 2008.

STOLF, R.; AMAROLLI, C. A. Evidências da movimentação superficial do tebuthiuron para o centro da entrelinha de uma área de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 106, n. 4, p. 37-40, 1988.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.

VIVIAN, R. et al. Persistência de sulfentrazone em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 741-750, out./dez. 2006.

WINTON, K.; WEBER, J. B. A review of field lysimeter studies to describe the environmental fate of pesticides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 10, n. 1, p. 202-209, 1996.

WORTHING, C. R. **The pesticide manual: a world compendium**. 7th. ed. Croydon: British Crop Protection Council, 1983. 695 p.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION'S. **Sulfentrazone: roadside vegetation management herbicide fact sheet**. Corvallis: Oregon State University, 2006. 4 p.

ZIV, D.; MISHAEL, Y. G. Herbicide solubilization in micelle-clay composites as a basis for controlled release sulfentrazone and metolachlor formulations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 56, n. 19, p. 9159-9165, Oct. 2008.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Efeito da compactação do solo e do sulfentrazone sobre a cultura da soja em duas condições de água no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 537-545, jul./set. 2007.

9. ANEXOS

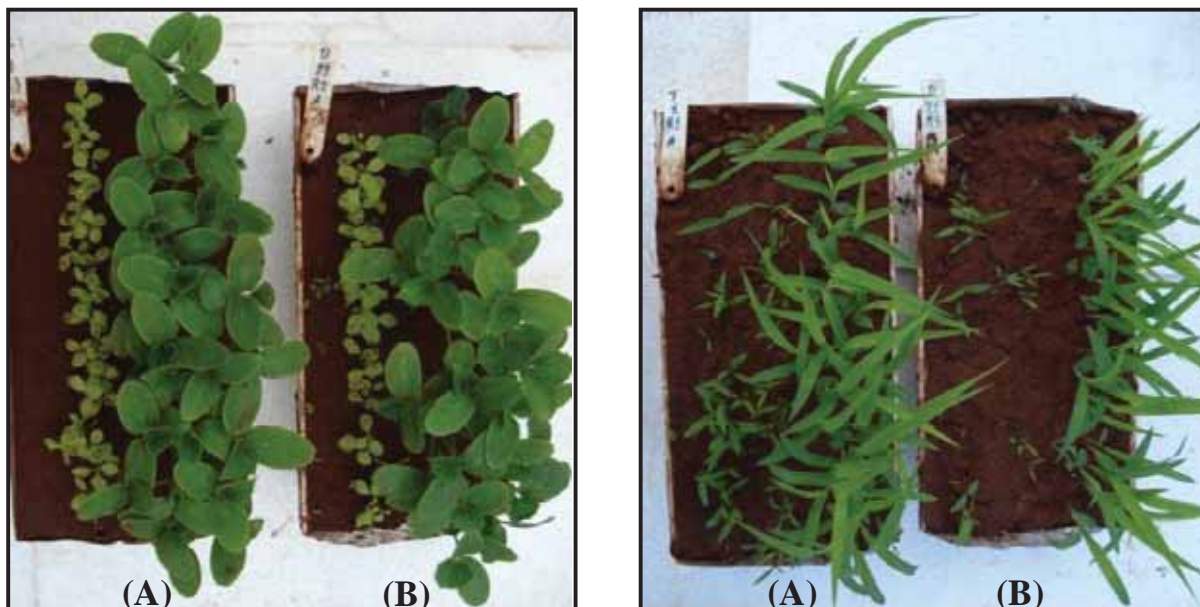


Figura 7. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 31 mm. (A): Testemunha. (B): s-metolachlor ($1.960 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

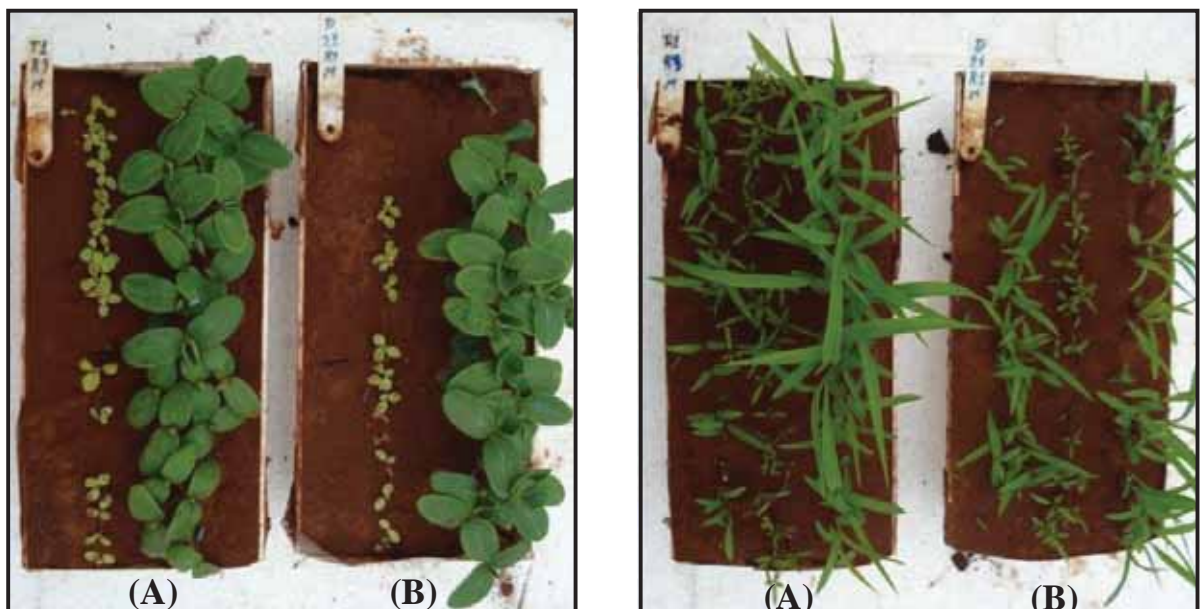


Figura 8. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 36 mm. (A): Testemunha. (B): s-metolachlor ($1.440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

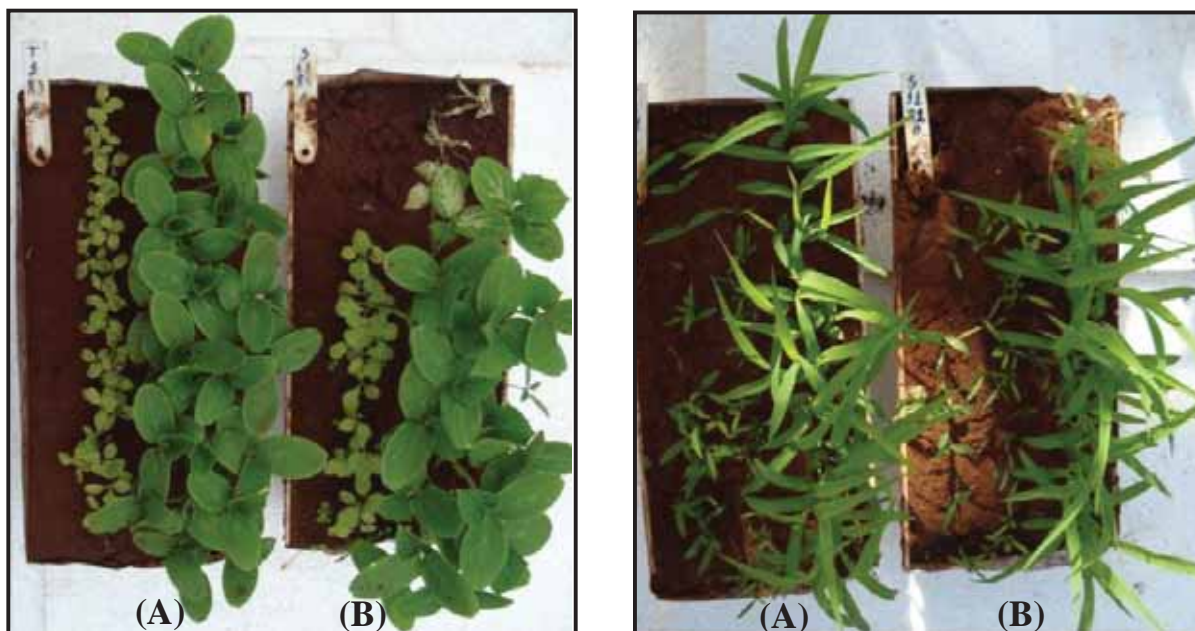


Figura 9. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 31 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin (1.920 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

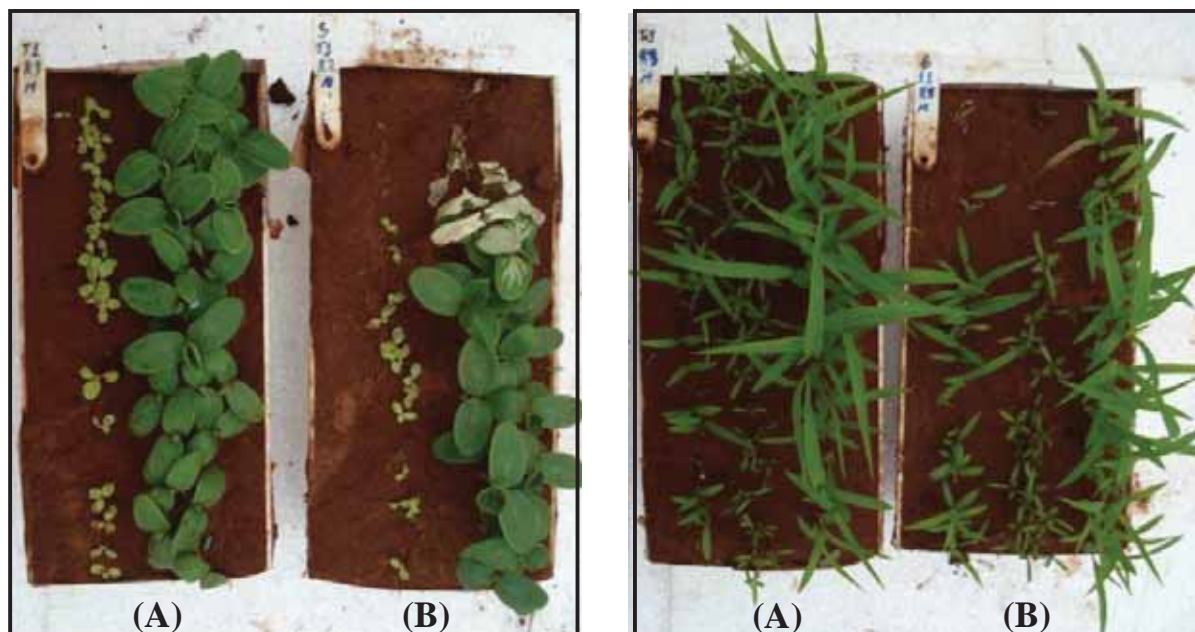


Figura 10. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 36 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin (1.440 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

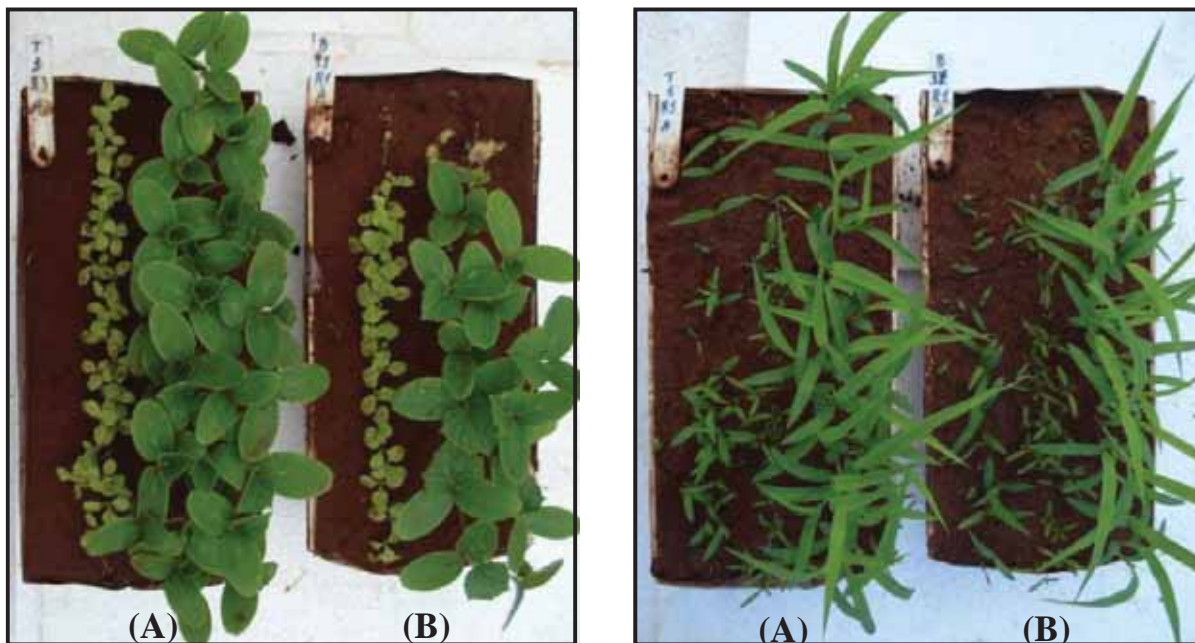


Figura 11. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 31 mm. (A): Testemunha. (B): sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

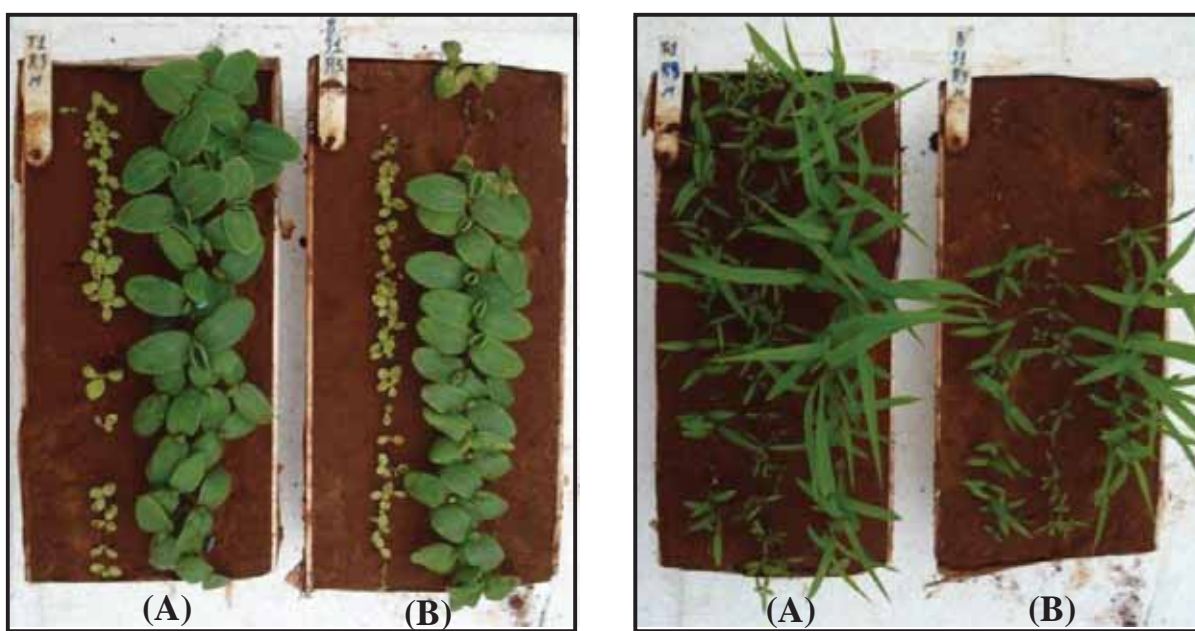


Figura 12. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 36 mm. (A): Testemunha. (B): sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

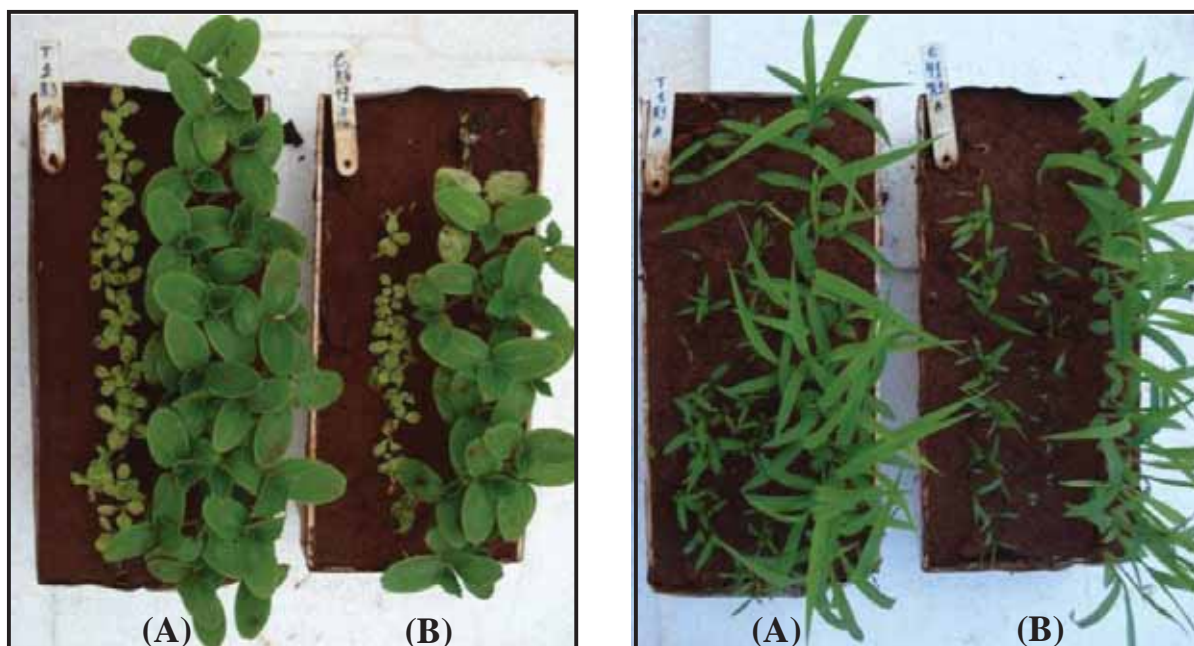


Figura 13. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 31 mm. (A): Testemunha. (B): tebutiuron ($750 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

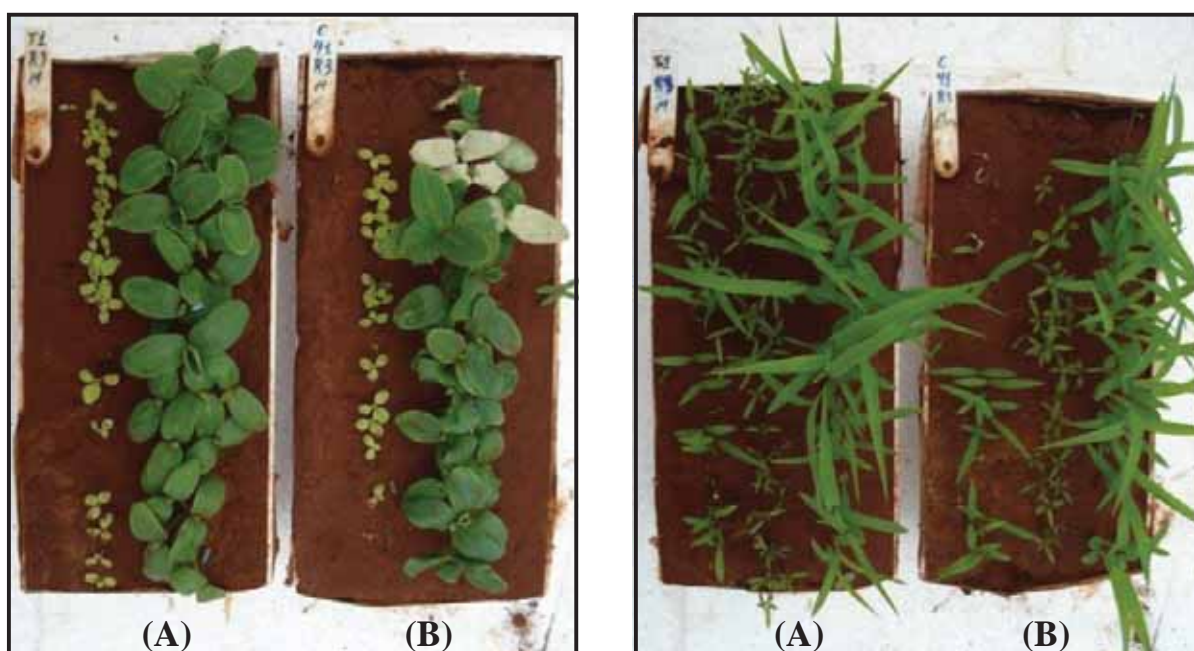


Figura 14. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 36 mm. (A): Testemunha. (B): tebutiuron ($600 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

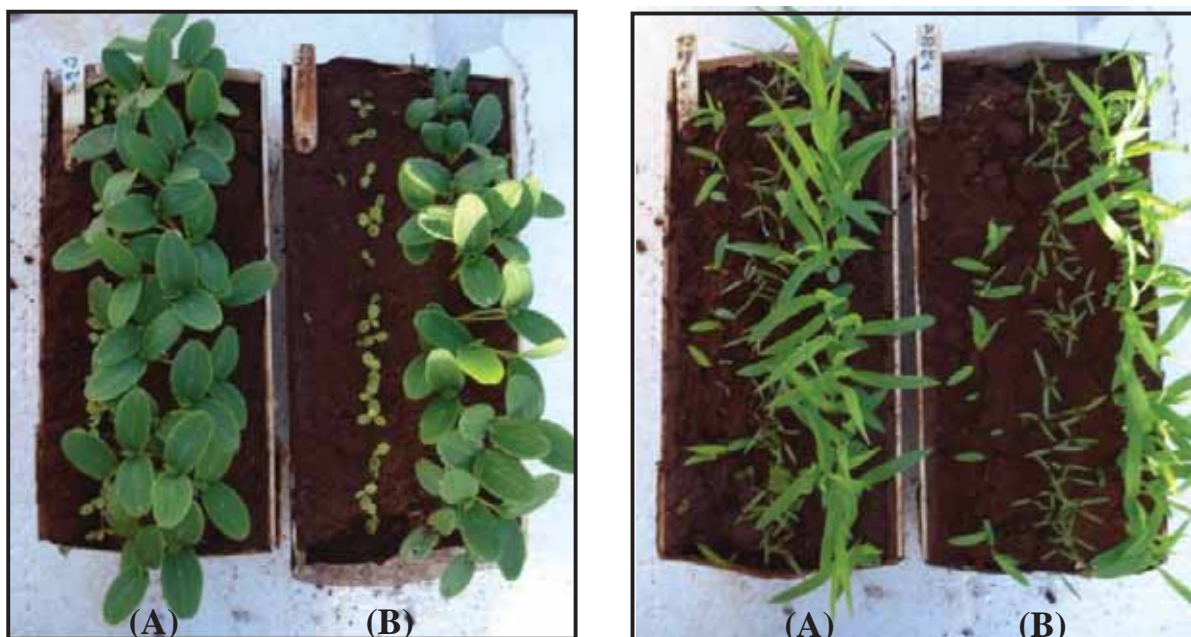


Figura 15. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 62 mm. (A): Testemunha. (B): s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

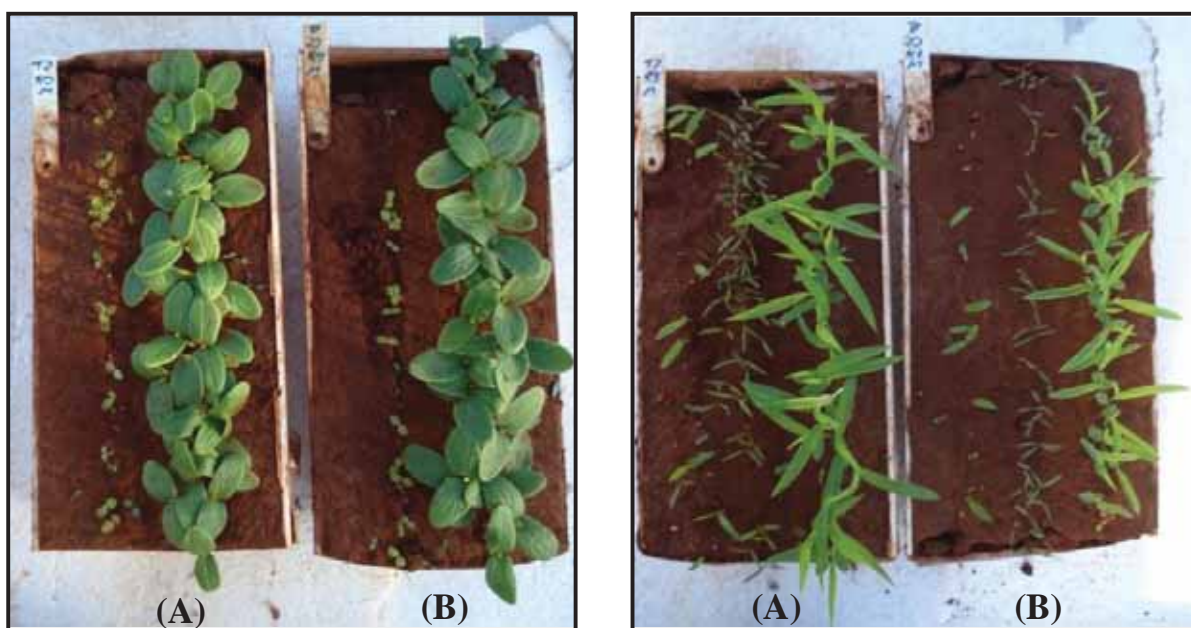


Figura 16. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 65 mm. (A): Testemunha. (B): s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.



Figura 17. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 62 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin ($1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

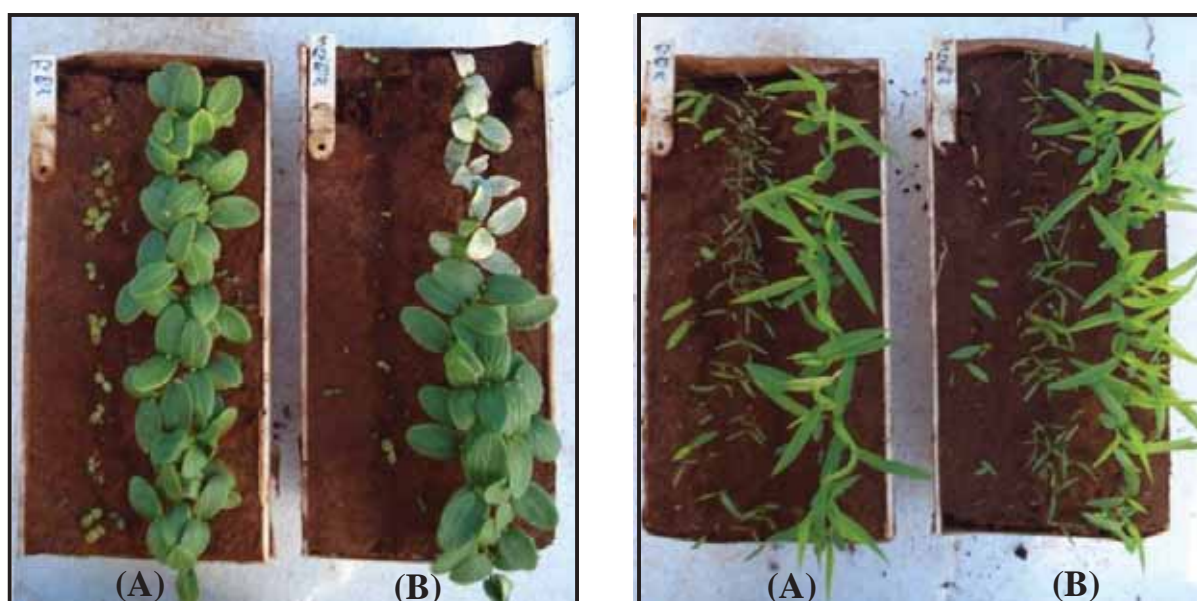


Figura 18. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 65 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin ($1.440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

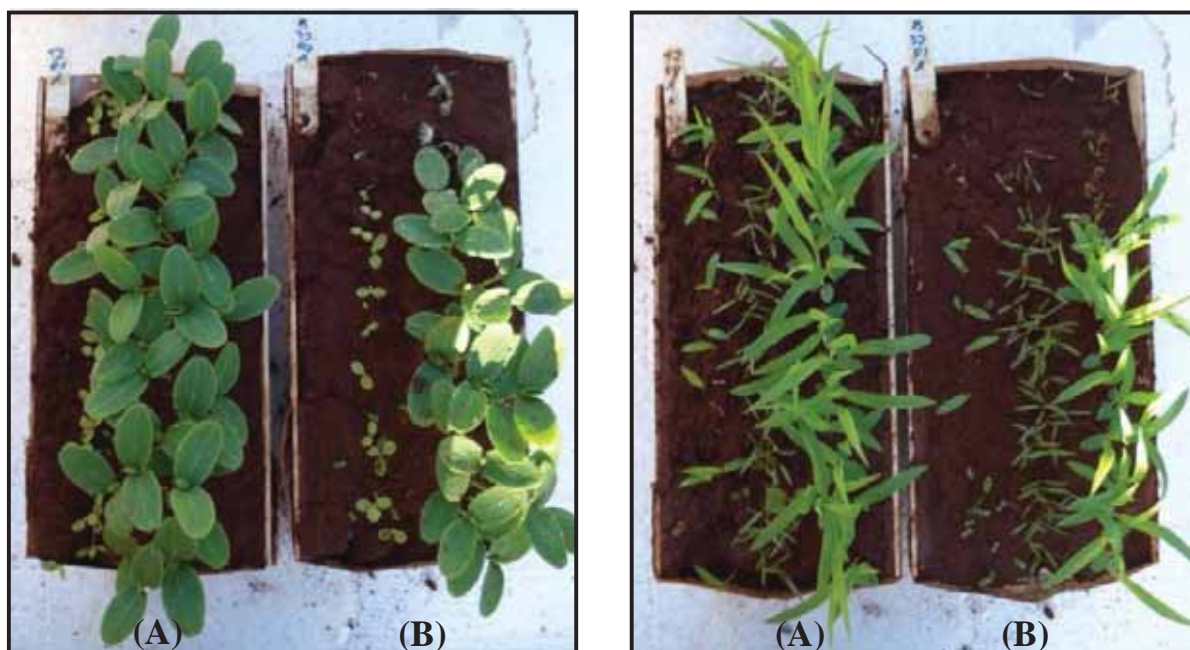


Figura 19. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 62 mm. (A): Testemunha. (B): Tratamento com sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

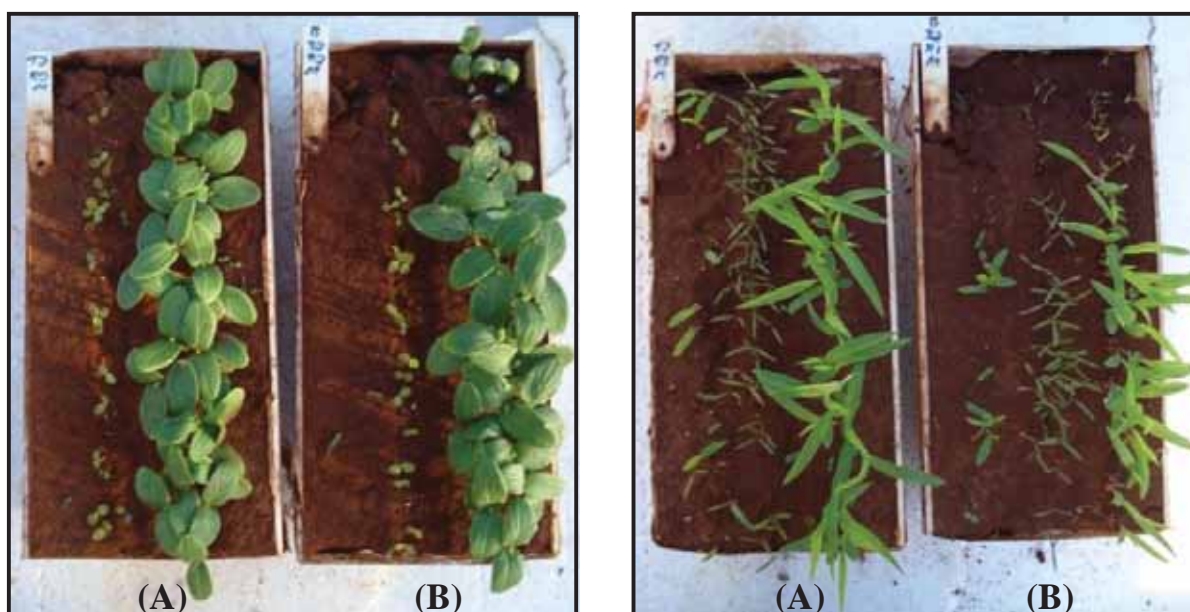


Figura 20. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 65 mm. (A): Testemunha. (B): sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

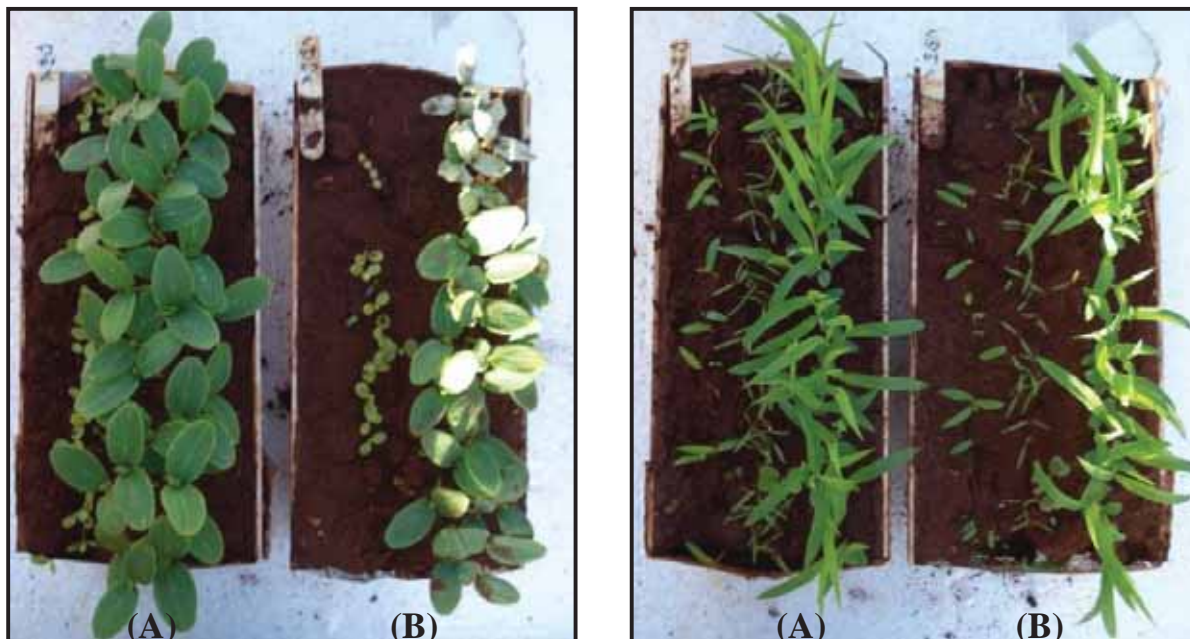


Figura 21. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 62 mm. (A): Testemunha. (B): tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

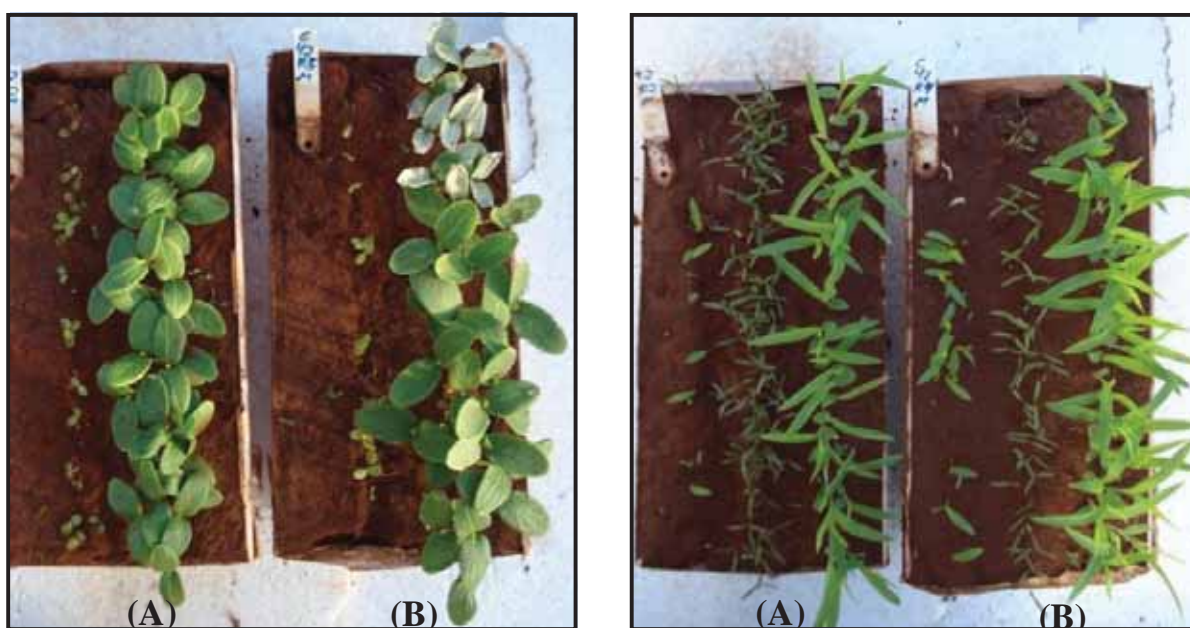


Figura 22. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 65 mm. (A): Testemunha. (B): tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.



Figura 23. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 114 mm. (A): Testemunha. (B): Tratamento com s-metolachlor (1.960 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

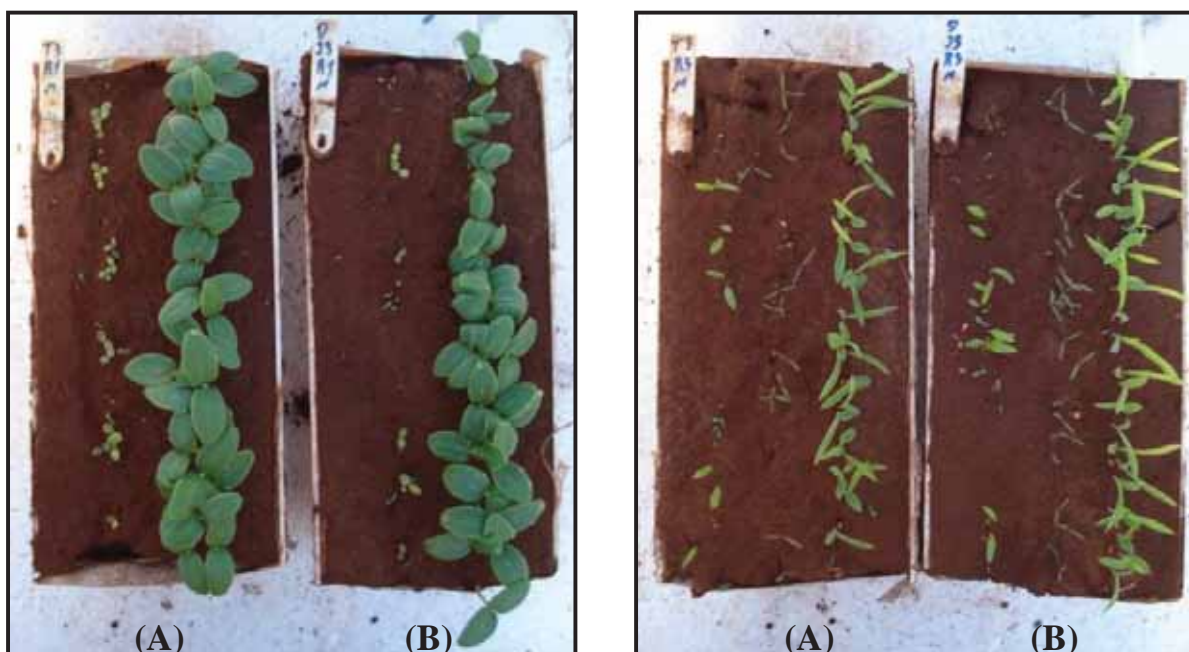


Figura 24. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 116 mm. (A): Testemunha. (B): Tratamento com s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.



Figura 25. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 114 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin ($1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

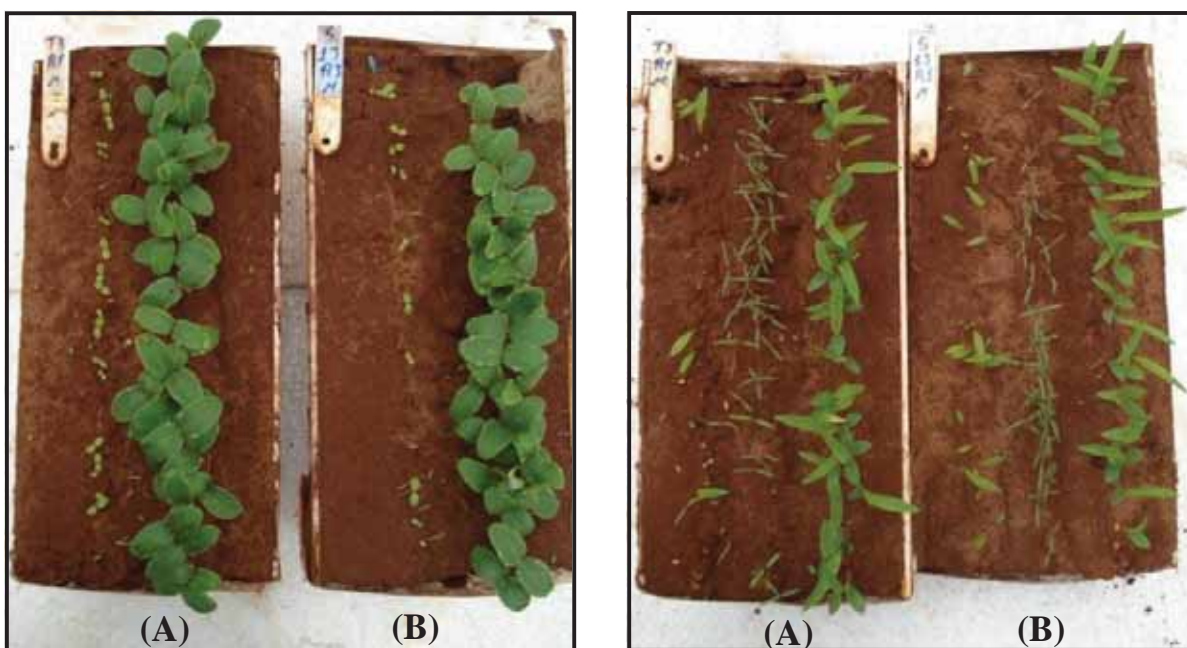


Figura 26. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a sementeira. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 116 mm. (A): Testemunha. (B): metribuzin ($1.440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Botucatu/SP, 2010.

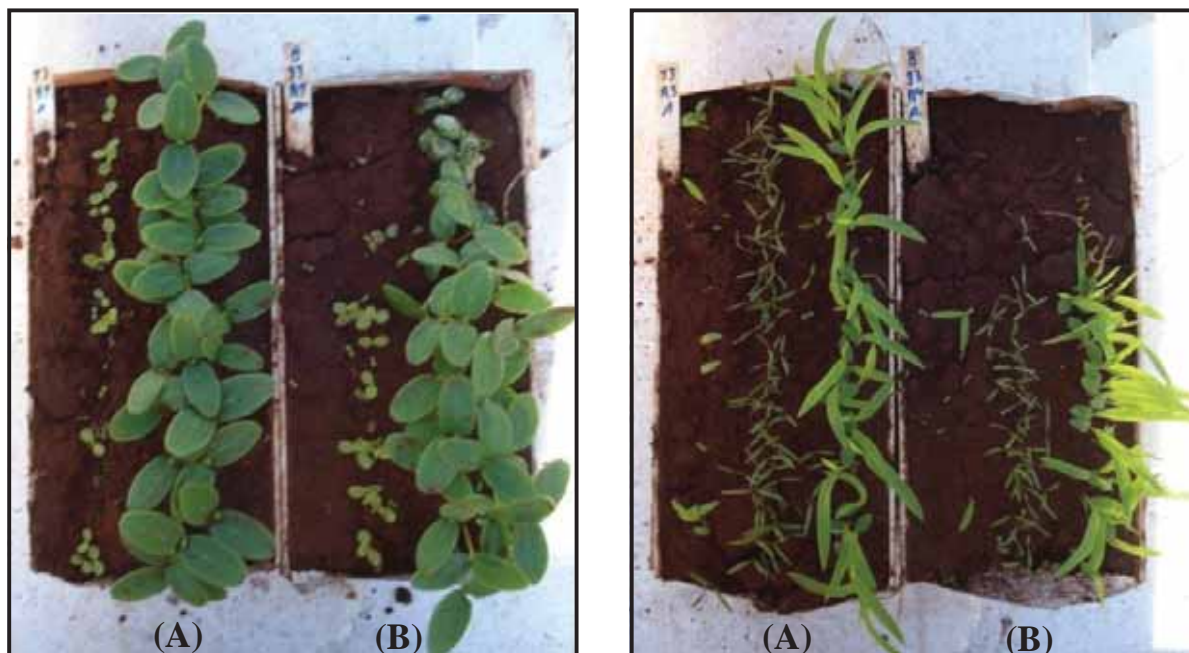


Figura 27. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 114 mm. (A): Testemunha. (B): sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.



Figura 28. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 116 mm. (A): Testemunha. (B): sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.



Figura 29. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura argilosa com uma precipitação acumulada de 114 mm. (A): Testemunha. (B): tebuthiuron (750 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.

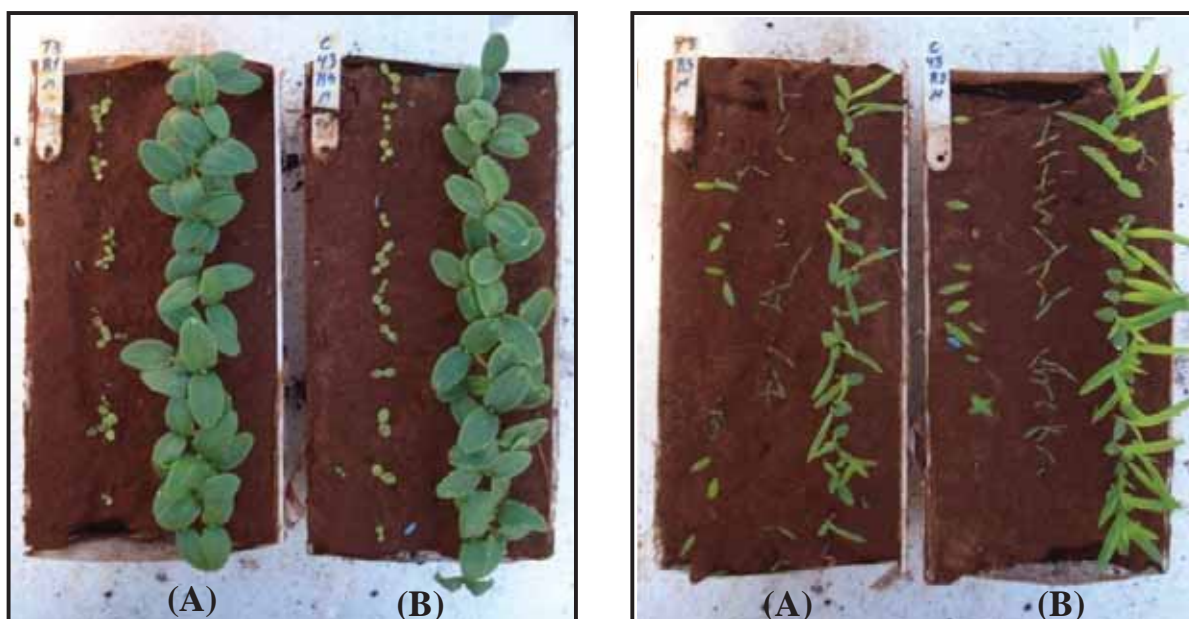


Figura 30. Visão das plantas bioindicadora aos 12 dias após a semeadura. Solo de textura média arenosa com uma precipitação acumulada de 116 mm. (A): Testemunha. (B): tebuthiuron (600 g i.a. ha⁻¹). Botucatu/SP, 2010.