

ODACIR ANTONIO ZANATTA

**DINÂMICA DO FLUMIOXAZIN EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES DE  
ARGILA, CARBONO ORGÂNICO E NÍVEIS DE COBERTURA COM PALHA**

MARINGÁ  
PARANÁ - BRASIL  
MARÇO – 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ODACIR ANTONIO ZANATTA

**DINÂMICA DO FLUMIOXAZIN EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES DE  
ARGILA, CARBONO ORGÂNICO E NÍVEIS DE COBERTURA COM PALHA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas, para obtenção do Título de Doutor.

MARINGÁ  
PARANÁ - BRASIL  
MARÇO – 2007

ODACIR ANTONIO ZANATTA

**DINÂMICA DO FLUMIOXAZIN EM SOLOS COM DIFERENTES TEORES DE ARGILA, CARBONO ORGÂNICO E NÍVEIS DE COBERTURA COM PALHA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas, para obtenção do Título de Doutor.

ANALISADA: 23 de março de 2007.

---

Dr. Fernando Storniolo Adegas

---

Prof. Dr. Robinson Osipe

---

Prof. Dr. Antonio Carlos Saraiva da Costa

---

Prof. Dr. Jamil Constantin

---

Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.

Aos meus filhos

RAFAEL AUGUSTO FERREIRA ZANATTA e

RENAN AURÉLIO FERREIRA ZANATTA

Pelo amor, carinho, apoio, compreensão, por cantarem comigo  
e por saberem entender os muitos momentos em que estive ausente.

Ao meu Pai ALCIDES APARECIDO ZANATTA (*in memoriam*) pelo exemplo de  
vida, de caráter e por ter tirado o laço das minhas mãos.

À minha mãe ANA ZIMIANI ZANATTA pelas orações e pelo amor incondicional,  
o qual nem sempre eu havia pedido e ela nem sempre podia ter me dado.

DEDICO

## AGRADECIMENTO ESPECIAL

- Em especial, agradeço aos Professores Doutores Rubem Silvério de Oliveira Júnior e Jamil Constantin pela paciência, confiança, sabedoria em seus ensinamentos, dedicação ao ensino e contribuições para a minha vida profissional e científica.

- À Márcia Regina Ferreira pelos momentos de apoio, força, amor, carinho e pelos filhos maravilhosos que me deu.

- Aos meus irmãos, irmãs e familiares que me incentivaram.

- Aos meus verdadeiros amigos.

OBRIGADO!

## **AGRADECIMENTOS**

- Primeiramente a Deus, pela oportunidade de vida e porque me deu saúde e coragem suficientes para realizar este trabalho.
- À Universidade Estadual de Maringá, pelos quatro anos a mais de convívio concedidos.
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.
- Ao Centro de Ensino Superior de Maringá, pelo apoio financeiro, sempre que solicitado.
- Aos Professores Doutores Antonio Carlos Saraiva da Costa e Robinson Osipe, e ao Doutor Fernando Storniolo Adegas, por fazerem parte da banca de defesa, pelas sugestões e correções neste trabalho.
- Aos Professores Doutores Antonio Carlos A. Gonçalves, Antonio Carlos Saraiva da Costa e Gilberto Catunda Sales, por terem participado da banca de qualificação e pelas importantes sugestões dadas.
- Aos Professores Doutores Alessandro de Lucca e Braccini, Carlos Alberto de Bastos Andrade, Carlos Alberto Scapim, Ednaldo Michellon, Humberto Silva Santos, Ismar Sebastião Mosqueta, José Marcos de Bastos Andrade, José Ozinaldo Alves de Sena, José Usan Torres Brandão Filho, Kátia Regina F. Schwan Estrada, Maria Celeste Gonçalves Vidigal, Osvaldo Hidalgo da Silva, Pedro Soares Vidigal Filho, Sueli Sato Martins, Telmo Antonio Tonin e Valdecir Antoninho Dalpasquale, por sempre terem se colocado à disposição.
- Aos amigos e Professores da UFPR Doutores Válter Roberto Schaffrath e Luciano de Almeida, pelo apoio de irmãos.
- Aos amigos Doutores Miriam Hiroko Inoue e Júlio Roberto Fagliari pela colaboração indispensável, desde o Mestrado.
- Aos colegas Sidnei Douglas Cavalieri, Diego Gonçalves Alonso, Denis Fernando Biffe, Fabiano Rios, Rosecler Canossa, Giselly Santos, Luiz Henrique Moraes Franchini, Alexandre Gemelli, Guilherme Rezende, Eslauco César Dvoranen, Éder Blainski, Meirielly da Silva Carpejani, João Guilherme Zanetti

Arantes e Ricardo Braido, pelas valiosas colaborações nas várias etapas de desenvolvimento desse trabalho, pela amizade e companheirismo.

- Ao Professor e Reitor Doutor Décio Sperandio, por sempre ter estado disposto a ajudar.

- Aos Professores Lineu Krul Guasque e Adélcio Zagatto, por sempre estarem reforçando o que é ser Agrônomo.

- Aos colegas de trabalho Carlos Jaelso Albanese Chaves, Darcy Pedro Thomaz, Frederico da Fonseca, Hermedes Cestari Júnior, Luiz Gonzaga Pego de Macedo, Pérsio Sandir D'Oliveira e Saul Ferreira Caldas Neto, pela agradável convivência e amizade.

- Aos funcionários do Laboratório de Plantas Daninhas Luis Machado Homem e Milton Lopes dos Santos por me auxiliarem muito na concretização do trabalho.

- Aos funcionários da PGA Érica C. T. Sato e Rui Carlos Schneider, pela presteza no atendimento.

- Ao funcionário Reinaldo Bernardo, pelo apoio no laboratório de solos.

- Aos meus cunhados, cunhadas e sobrinhos.

- As Diretores e Coordenadores das instituições de ensino em que trabalhei durante a realização do Doutorado, pela compreensão em relação aos prazos de cumprimento dos compromissos.

- Ao Engenheiro Agrônomo da COCAMAR, unidade de Floresta, Antonio Claudemir Ramires e Eduardo e ao Gerente José Eduardo Bassan, pelo apoio de logística na coleta do solo a campo.

- Ao grande amigo Márcio Rogério Ferreira por sua prestatividade, sempre.

- Ao grande amigo e compadre Flávio Ribeiro Braga, por sua amizade e pelo apoio na arte gráfica deste trabalho.

- À dona Cícera Alves do Santos Camargo, pelos cuidados com o lar.

- Ao Senhor Joel Ferreira e Dona Maria Eunice Vitorino Ferreira, pelo respeito.

- Ao Doutor Wilson Toshio Kioshima e Silvana Maria Curioni Rodrigues, pelo apoio psicológico e pela eficaz receita de três gotas de amor próprio por dia.

- Aos meus colegas de trabalho dos colégios Objetivo e Drummond, pelo apoio.

- Ao amigo Edson Ribeiro Scabora, por manter as portas sempre abertas.

- Enfim, a todos que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a realização deste trabalho.

OBRIGADO!

## BIOGRAFIA

ODACIR ANTONIO ZANATTA, filho de Alcides Aparecido Zanatta (*in memoriam*) e Ana Zimiani Zanatta, nasceu em Reginópolis, Estado de São Paulo, aos nove dias do mês de fevereiro de 1965.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica, em outubro de 1987, pela Universidade Estadual de Maringá, quando era Professor de Biologia para cursos pré-vestibulares.

Após a graduação, trabalhou na Du Pont do Brasil S.A., como representante técnico de vendas e de desenvolvimento; na COCAMAR, como gerente de produção; em Campo Novo do Parecis-MT, com empresa de planejamento e assistência técnica rural; trabalhou ainda com comercialização de grãos pela empresa DPM do Brasil, em Tangará da Serra e Cuiabá-MT.

Retornou para Maringá no início de 1996, quando retomou sua carreira docente e onde atua como Professor de Biologia para o ensino médio e cursos pré-vestibulares, e com disciplinas específicas para o ensino superior. Atualmente é coordenador dos cursos de Agronomia e Agronegócio do CESUMAR - Centro Universitário de Maringá.

Em março de 2001, concluiu o Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2003, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas, na Universidade Estadual de Maringá.

**Poema em linha reta** (fragmentos)

Nunca conheci quem tivesse levado porrada.  
Todos os meus conhecidos têm sido campeões em tudo. (...)

(...) Toda a gente que eu conheço e que fala comigo  
Nunca teve um ato ridículo, nunca sofreu enxovalho,  
Nunca foi senão príncipe - todos eles príncipes - na vida...

Quem me dera ouvir de alguém a voz humana  
Que confessasse não um pecado, mas uma infâmia;  
Que contasse, não uma violência, mas uma cobardia!  
Não, são todos o Ideal, se os oiço e me falam.  
Quem há neste largo mundo que me confesse que uma vez foi vil?  
Ó príncipes, meus irmãos,

Arre, estou farto de semideuses!  
Onde é que há gente no mundo? (...)

**Fernando Pessoa**  
(*Álvaro de Campos*)

## ÍNDICE

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Experimento 1.....	22
3.2. Experimento 2.....	24
3.3. Experimento 3.....	25
3.4. Experimento 4.....	26
3.5. Experimento 5.....	28
3.6. Experimento 6.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1. Experimento 1.....	31
4.2. Experimento 2.....	33
4.3. Experimento 3.....	36
4.4. Experimento 4.....	39
4.5. Experimento 5.....	41
4.6. Experimento 6.....	44
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
APÊNDICE.....	63

## RESUMO

ZANATTA, Odacir Antonio, D.S., Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2007. **Dinâmica do flumioxazin em solos com diferentes teores de argila, carbono orgânico e níveis de cobertura com palha.** Professor Orientador: Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr. Professores Conselheiros: Dr. Jamil Constantin e Cássio Antonio Tormena.

Foram conduzidos seis experimentos na casa de vegetação do laboratório de Plantas Daninhas, da Universidade Estadual de Maringá, em Maringá-PR, no período de novembro de 2005 a dezembro de 2006. No primeiro, foi avaliado o efeito de diferentes teores de argila e matéria orgânica existentes em cinco camadas de um solo (0 - 5; 5 - 20; 20 - 40; 40 - 80; 80 - 120 cm) sobre a dinâmica do flumioxazin, aplicado em três doses (0; 25; 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *Euphorbia heterophylla*. No segundo, foi avaliado o efeito de diferentes teores de argila e matéria orgânica existentes em quatro camadas de um solo (0 - 5; 5 - 10; 10 - 15; 15 - 20 cm) sobre a dinâmica do flumioxazin, aplicado em três doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *Bidens pilosa*. No terceiro, foi avaliado o efeito de diferentes teores de argila e matéria orgânica existentes em quatro camadas de um solo (0 - 5; 5 - 10; 10 - 15; 15 - 20 cm) sobre a dinâmica do flumioxazin, aplicado em três doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *E. heterophylla*. No quarto, foi avaliado o efeito da adição de diferentes percentuais de areia a um solo (0; 20; 40; 60 e 80%) sobre a dinâmica do flumioxazin, aplicado em três doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *B. pilosa*. No quinto, foi avaliado o efeito da adição de diferentes percentuais de vermicomposto a um solo (0; 20; 40; 60 e 80%) sobre a dinâmica do flumioxazin, aplicado em três doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *E. heterophylla*. No sexto experimento, foi avaliado o efeito de diferentes níveis de palha de aveia (0; 2; 4; 6; 8; 10 t ha<sup>-1</sup>) sobre a dinâmica do flumioxazin,

aplicado em três doses (0; 25; 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Foram realizadas avaliações de controle e matéria seca de *E. heterophylla*. Em todos os experimentos, foram analisadas estatisticamente a última avaliação de contagem e a matéria seca das plantas. Concluiu-se que para os experimentos 1, 2 e 3, a variação do carbono orgânico teve maior influência na atividade do flumioxazin sobre *B. pilosa* e *H. heterophylla* do que a variação de argila. Para o experimento 4, apesar de ter havido influência tanto da variação do carbono orgânico quanto da argila sobre a ação do flumioxazin, concluiu-se que a variação do carbono orgânico foi mais importante. Para o experimento 5, a variação do carbono orgânico também teve maior influência na atividade do flumioxazin sobre *H. heterophylla* do que a variação de argila. Para o experimento 6, concluiu-se que qualquer nível de palha sobre o solo, acima de 2 t ha<sup>-1</sup>, provocou acentuada redução na atividade biológica do flumioxazin.

**Palavras-chave:** argila, controle de plantas daninhas, herbicidas, matéria orgânica.

## ABSTRACT

ZANATTA, Odacir Antonio, D.S., State University of Maringá, February 2007.  
**Dynamics of flumioxazin on soils with different contents of clay, organic carbon and levels of straw covers.** Adviser: Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.  
Committee Members: Dr. Jamil Constantin and Cássio Antonio Tormena.

Six trials were carried out in the weed laboratory greenhouse of the State University of Maringá (Universidade Estadual de Maringá–PR) from November 2005 to December 2006. In the first trial the effect of different contents of clay and organic matter in five soil layers (0 - 5; 5 - 20; 20 - 40; 40 - 80; 80 - 120 cm) on the dynamics of flumioxazin was analyzed, applied in three doses (0; 25; 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter of *Euphorbia heterophylla* were analyzed. In the second, the effect of different contents of clay and dry matter in four soil layers (0 - 5; 5 - 10; 10 - 15; 15 - 20 cm) on the dynamics of flumioxazin, applied in three doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter of *Bidens pilosa* were carried out. In the third, the effect of different contents of clay and organic matter in four layers of a soil was evaluated (0 - 5; 5 - 10; 10 - 15; 15 - 20 cm) on the dynamics of flumioxazin, applied in three doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter of *E. heterophylla* were performed. In the fourth, the effect of different percentage of sand added to a soil was studied (0; 20; 40; 60; 80%) on the dynamics of flumioxazin, applied in three doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter *B. pilosa* were analyzed. In the fifth, the effect of different percentage of vermicompost added to a soil was studied (0; 20; 40; 60; 80) on the dynamics of flumioxazin, applied in three doses (0; 12,5; 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter of *E. heterophylla* were carried out. In the sixth trial, the effect of different levels of straw and oat was analyzed (0; 2; 4; 6; 8; 10 t ha<sup>-1</sup>) on the dynamics of flumioxazin, applied in three doses (0; 25; 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Tests of control and dry matter of *E. heterophylla* were performed. In all the trials, the last counting evaluation and the plants dry matter were statistically analyzed. Results show that for trials 1, 2 and 3, the variation of organic carbon

was more significant than the variation of clay, considering the influence of flumioxazin on *B. pilosa* and *H. heterophylla*. For trial 4, despite the variation of organic carbon and clay under flumioxazin influence, results show that the variation of organic carbon was superior. For trial five, the variation of organic carbon also was more influential under flumioxazin on *H. heterophylla* than the variation of clay. For trial six, it was concluded that any level of straw in the soil, over 2 t ha<sup>-1</sup>, led to high reduction of biological activity of flumioxazin.

**Keywords:** clay, weed control, herbicide, organic matter.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de semeadura direta na palha ainda é um dos mais importantes meios de controle tanto da erosão quanto das plantas daninhas, mas é difícil conduzi-lo sem o uso de herbicidas. Porém, a recomendação de herbicidas para esse sistema de cultivo merece grande atenção, haja vista o grande número de fatores que podem interferir na sua eficácia agrônômica. Muitos herbicidas são retidos na palha, mesmo com a ocorrência de chuvas logo após a aplicação, enquanto outros são facilmente lixiviados para o solo.

A partir do momento que o herbicida se encontra na superfície do solo, sua concentração e distribuição no perfil devem ser adequadas para se conseguir um controle efetivo das plantas daninhas localizadas nas camadas superficiais. Essa concentração do herbicida no solo ao longo do tempo depende das características próprias da molécula e sua interação com as características do solo e dos fatores ambientais.

Dentre todos os componentes do solo, a argila e a matéria orgânica são os que mais influenciam na ação dos herbicidas diversos. Porém, grande parte das recomendações de doses de herbicidas se baseia apenas na textura do solo, sendo desconsiderado o teor de carbono orgânico que ele possui e os efeitos que ele poderia exercer sobre o comportamento da molécula. Portanto, para maior sucesso na utilização dos herbicidas, é primordial conhecer e entender os processos que regulam seu comportamento e destino no ambiente, especialmente sua retenção nos diferentes solos.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo geral verificar a influência de diferentes teores de argila, carbono orgânico do solo e níveis de cobertura com palha sobre a atividade do flumioxazin no solo.

Os objetivos específicos deste experimento foram:

1. Avaliar a atividade de flumioxazin no solo em função da variação de argila e carbono que acontecem naturalmente no solo, por meio dos bioindicadores *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*.

2. Avaliar a atividade de flumioxazin em função de teores variáveis de carbono e argila, obtidos por meio da adição de vermicomposto ou areia ao solo.
3. Avaliar a atividade de flumioxazin aplicado sobre níveis crescentes de palha de aveia-preta.

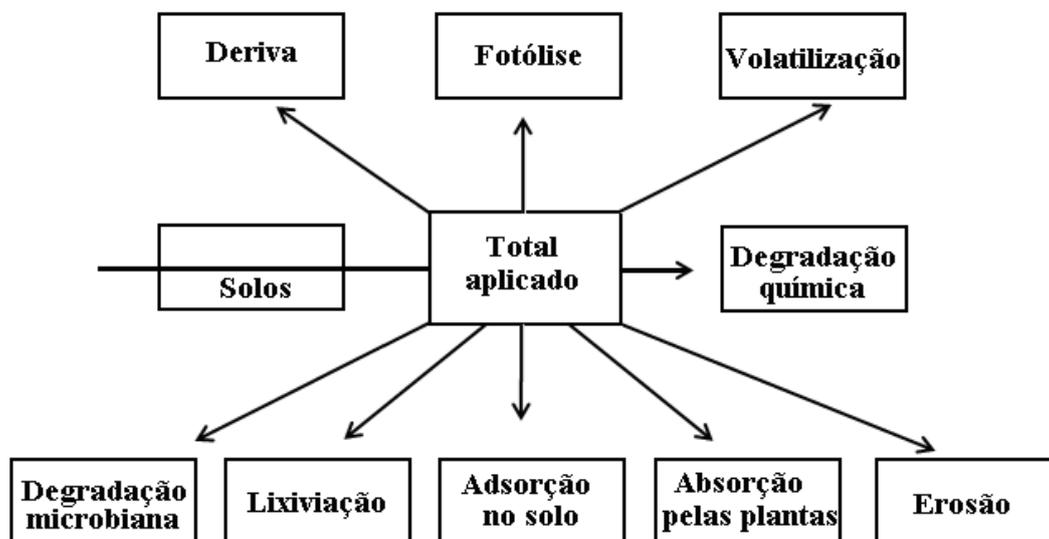
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A agricultura convencional, praticada pela maioria dos agricultores, geralmente faz uso maciço de insumos agrícolas (Mercante et al., 2003) dentre eles os herbicidas, que atualmente representam a maior parte do mercado mundial de produtos fitossanitários, o qual movimentam mais de 40 bilhões de dólares anuais (Foloni, 2000). De acordo com Ferreira e Vegro (2006), em 2005, as vendas totais de defensivos agrícolas no Brasil registraram quedas em relação a 2004, pois totalizaram US\$4,244 bilhões contra US\$4,495 bilhões no ano anterior. Os herbicidas responderam por 40,9% do valor das vendas de defensivos em 2005, contra 54,1% em 2004.

Nos últimos vinte e cinco anos, muitas novas moléculas de herbicidas têm sido lançadas pelas indústrias (Souza et al., 2000), e devido à necessidade de uso racional dos insumos agrícolas para minimizar os impactos ambientais da agricultura, muitos estudos têm sido realizados para compreender o comportamento dos herbicidas no solo (Inoue et al., 2002). Esses estudos são realmente importantes, pois os fatores que controlam a dinâmica de herbicidas no solo têm sido caracterizados para solos de clima não-tropical e existem poucas informações a respeito das interações entre os herbicidas com os solos tropicais, os quais são química e fisicamente distintos daqueles (Oliveira Jr. et al., 2001).

Quando um herbicida é aplicado no ambiente, independentemente da forma como é realizada a aplicação, na maioria dos casos atinge o solo, onde pode seguir diferentes rotas, isto é, pode sofrer adsorção, lixiviação, degradação através de processos físicos (volatilização e fotodecomposição), químicos e biológicos, além da absorção pelas plantas daninhas e cultivadas (Velini, 1992; Oliveira et al., 1998a; Paes et al., 1999; Ferri e Rizzardi, 2001; Lavorenti et al., 2003; Rossi et al., 2005). Tudo isso, segundo Lavorenti et al. (2003), ocorre simultaneamente no solo, em intensidades diferentes, e depende das propriedades físico-químicas da molécula, das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e das condições meteorológicas,

constituindo um processo extremamente dinâmico, que pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1.** Destino dos herbicidas no ambiente. Fonte: Ferri e Rizzardi (2001).

Apesar do comportamento dos pesticidas no solo ser bastante complexo, em razão de numerosas interações entre suas fases sólida, líquida e gasosa (Paes et al., 1999; Vieira et al., 1999), o conhecimento dos fatores que influenciam a atividade destes produtos nesse ambiente é de grande importância, porque através dele pode-se explicar o sucesso ou o fracasso destes produtos no controle das plantas daninhas, a tolerância da cultura e a persistência dos mesmos em diferentes condições edafoclimáticas (Silva et al., 1996).

Um dos fatores mais importantes que condicionam a disponibilidade de um produto quando aplicado ao solo é o fenômeno da adsorção-dessorção, que resulta da atração física ou química de uma substância a uma superfície e pode ser considerado como um processo de equilíbrio entre a substância adsorvida pelas partículas do solo e a disponibilidade na solução do mesmo; uma parte das substâncias é atraída pelas partículas coloidais e outra parte integra a solução do solo, diretamente disponível para as plantas (Fontes et al., 2001). A adsorção é considerada um dos principais processos que afetam a interação que ocorre entre o herbicida e a fase sólida do solo, que possui como principais constituintes a argila, minerais, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro e sílica (Vieira et al., 1999). Os solos brasileiros, por exemplo, são bastante intemperizados, profundos, cuja composição básica é a

goetita, a gibsitita, a hematita e os minerais de argila 1:1, como a caulinita, com baixos teores de matéria orgânica e baixo pH (Oliveira Jr. et al., 2001). Diante disso, a matéria orgânica é o principal contribuinte para a CTC desses solos, pois de acordo com Brady e Weil (2002) ela possui elevada capacidade de permuta de cátions, de duas a trinta vezes maior do que a dos colóides minerais (na base do peso), e responde por 30 a 90% do poder de adsorção dos solos minerais. Para Farenhorst (2006), de todos os componentes dos materiais humificados, os ácidos húmicos são muito mais reativos quimicamente com os pesticidas do que os ácidos fúlvicos e as huminas. Existe um contraste muito forte entre esses solos e os solos de clima temperado, onde podem ser encontrados teores de matéria orgânica variando de 3 a 25%, o que provoca grande adsorção de alguns herbicidas (Parochetti, 1973).

A persistência dos herbicidas no solo exerce influência marcante sobre o controle das plantas daninhas, a injúria para as culturas em sucessão e o risco de contaminação ambiental, e depende basicamente de quatro tipos de fatores que regulam a concentração, o fluxo e o tempo de permanência das moléculas destes compostos na solução do solo: as propriedades do solo (teor de CO, pH, textura), população de microrganismos presentes, ambiente (temperatura, precipitação) e práticas culturais (sistema de semeadura, doses aplicadas) (Loux et al., 1989; Oliveira Jr., 2002).

Artuzi e Contiero (2006) citam diversos autores que, ao estudar o comportamento de herbicidas no solo, relatam a complexidade da decomposição das moléculas, os processos envolvidos e o longo período necessário para que isto ocorra. No entanto, muitas moléculas podem ser transformadas em outras, chamadas de produtos de transformação ou metabólitos, e o ponto final dessa transformação para várias delas é a mineralização a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e íons minerais, o que se dá geralmente via microrganismos (Lavorenti et al., 2003). A degradação microbiológica dos herbicidas é o principal mecanismo de decomposição e, desta forma, de redução da persistência dos herbicidas no solo. Normalmente, incrementos na dissipação são esperados com o aumento do teor de matéria orgânica, aeração, umidade e temperatura do solo. Isso ocorre porque esses fatores regulam a atividade, a biomassa e a diversidade microbiana no solo e, em

função disso, as possíveis transformações biológicas dos herbicidas nele presentes (Walker et al., 1992).

Na solução do solo, segundo Oliveira et al. (2005), as moléculas tendem a atingir o equilíbrio entre a fase sorvida e a que permanece em solução. No entanto, a absorção pelas plantas, a eficácia e o transporte dependem em grande parte do equilíbrio entre os processos de sorção e dessorção. Geralmente quanto maior a sorção de um herbicida pelos colóides do solo, menor sua mobilidade e eficiência.

A adsorção dos pesticidas nas superfícies sólidas do solo depende principalmente das interações pesticida-colóide, pesticida-água e água-colóide, todas operando simultaneamente. A explicação destas interações é complicada, devido à diversidade das propriedades físico-químicas dos diferentes herbicidas, pela complexidade coloidal e pela composição variável da solução do solo (Prata et al., 2000b). Portanto, ela é influenciada pelas propriedades químicas da molécula do produto e pelas propriedades do solo, como o tipo e o teor de argila e matéria orgânica, área superficial, estrutura, pH, temperatura, umidade e concentração salina. A matéria orgânica é, provavelmente, o fator individual mais importante, e sua pronunciada reatividade está relacionada principalmente à elevada área superficial específica e à presença de vários grupos funcionais como carboxilas, hidroxilas e aminas, e estruturas alifáticas e aromáticas (Stevenson, 1972; Sposito, 1989; Stearman et al., 1989; Kuckuk et al., 1997; Ferri et al., 2005). Peter e Weber (1985) abordaram a hipótese de que a redução da atividade do herbicida pela matéria orgânica do solo devia ser decorrente da ligação da molécula do herbicida com as superfícies lipofílicas da matéria orgânica.

Trabalhos experimentais realmente têm demonstrado que a fração orgânica do solo desempenha um importante papel na adsorção dos herbicidas, em função da sua elevada capacidade de troca catiônica e da presença dos grupos funcionais carboxílicos, fenólicos e amínicos existentes na superfície desses colóides (Peter e Weber, 1985; Moreira et al., 1995; Freitas et al., 1999).

Para Oliveira Jr. (2002), na prática, a adsorção é usualmente determinada apenas pelo desaparecimento da substância química da solução do solo, e, portanto, o termo adsorção é normalmente substituído por outro

mais geral denominado sorção, que engloba a adsorção verdadeira (na qual formam-se camadas moleculares na superfície de uma partícula de solo), a precipitação (na qual tanto uma fase sólida individualizada se forma nas superfícies sólidas ou acontecem ligações covalentes com a superfície da partícula de solo) e a absorção que acontece pelas partículas e microrganismos do solo. Portanto, a sorção se refere a um processo geral, sem distinção entre os processos específicos de adsorção, absorção e precipitação. Segundo este mesmo autor, o coeficiente de sorção ( $K_d$ ) pode ser estimado pela equação:

$$K_d = \frac{C_s}{C_w}$$

onde  $C_s$  e  $C_w$  representam, respectivamente, as concentrações do herbicida sorvido ao solo ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo) e a concentração que permanece em solução ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de solução), após o período de equilíbrio.

A sorção da maioria dos pesticidas está estreitamente relacionada ao conteúdo de carbono (C) orgânico do solo, principalmente para os pesticidas não-iônicos (Prata et al., 2000a; Reginato et al., 2002). De acordo com Procópio et al. (2002), o íon ligado aos grupos funcionais da matéria orgânica do solo (MOS) apresenta grande influência na sorção dos herbicidas. Pode-se citar, por exemplo, a maior sorção de herbicidas pela MOS quando saturada com hidrogênio (H-MOS), em comparação à sorção observada quando saturada com cálcio (Ca-MOS).

A normalização da constante de sorção em função do teor de C orgânico do solo gera o  $K_{oc}$ . Portanto, o  $K_{oc}$  é uma mensuração da tendência de partição de um composto em solução no carbono orgânico do solo (Sanyal e Kulshrestha, 1999). Quanto maior o  $K_{oc}$ , menos lixiviável é o produto.

$$K_{oc} = \frac{K_d \times 100}{C_{org}}$$

em que  $K_{oc}$  é a constante de sorção normalizada em relação ao teor de C orgânico do solo (em  $\text{dag kg}^{-1}$ ).

Lavorenti et al. (2003) citam vários autores para afirmar que os valores de  $K_{oc}$  têm sido relacionados à solubilidade do pesticida em água ( $S_w$ ), ao coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ) e ao fator de bioconcentração na vida aquática, o que enfatiza a importância das interações hidrofóbicas na

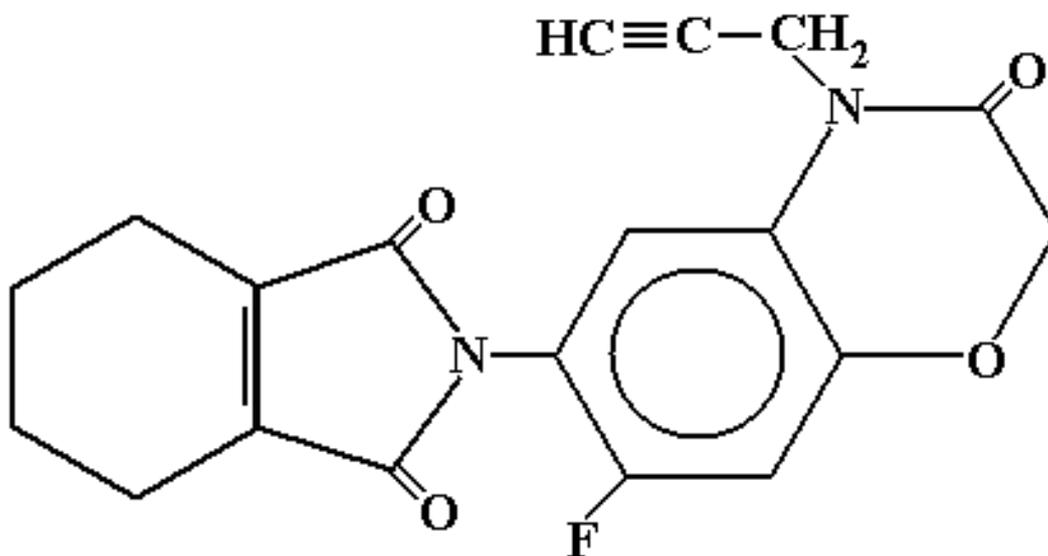
retenção dos pesticidas apolares. De forma geral, quanto maior o valor de  $K_{oc}$  da molécula, maior o valor de  $K_{ow}$ , ou seja, maior a lipofilicidade da molécula e, portanto, maior a sua retenção (partição hidrofóbica) e menor a sua mobilidade no solo.

Para Fontes et al. (2001), cargas variáveis são aquelas dependentes de pH e originárias da adsorção de íons na superfície dos colóides do solo, sendo a carga líquida determinada pelo íon que é adsorvido em excesso. Íons capazes de interferir na carga ao serem adsorvidos são chamados íons determinantes de potencial. Como os principais íons determinantes de potencial na solução do solo são  $H^+$  e  $OH^-$ , esses colóides são também chamados de colóides de carga dependente do pH. Na matéria orgânica, a carga variável é negativa e tem sua origem na dissociação de hidroxilas de grupamentos carboxílicos, fenólicos, enólicos, entre outros. De acordo com Procópio et al. (2002) e Lavorenti et al. (2003), a variação do pH influencia fortemente a configuração das moléculas de substâncias húmicas do solo, às quais alguns herbicidas apresentam sorção. Em valores de pH superiores a 5, as substâncias húmicas apresentam configuração mais plana, o que se reflete na formação de um número menor de sítios hidrofóbicos capazes de sorver o herbicida. De forma antagônica, valores de pH inferiores a 5 tornam a conformação estrutural das substâncias húmicas mais globular, conferindo-lhes maior hidrofobicidade e maior capacidade de sorção do herbicida, como ocorreu com a atrazina. De acordo com Oliveira et al. (1998a), as moléculas de defensivos agrícolas não possuem cargas, em sua grande maioria, e são hidrofóbicas, possuindo maior afinidade pelo húmus do que pelos outros constituintes do solo. Isso faz com que a adsorção seja dependente das reações entre as moléculas e o húmus e da quantidade de húmus presente.

Segundo Stevenson (1982) e Oliveira (1995), os defensivos agrícolas diferem entre si em relação à afinidade pelos colóides orgânicos do solo. Os herbicidas diquat e paraquat apresentam alta afinidade pela matéria orgânica, por serem bases fortes, sendo altamente adsorvidos. Em contrapartida, as triazinas simétricas apresentam menor afinidade, por se comportarem como bases fracas. Apesar disso, Oliveira Jr. et al. (2001) verificaram que a sorção de herbicidas não-ionizáveis ou bases fracas pelo carbono orgânico do solo foi maior que a sorção dos ácidos fracas. Oliveira et al. (1998a) constataram que a

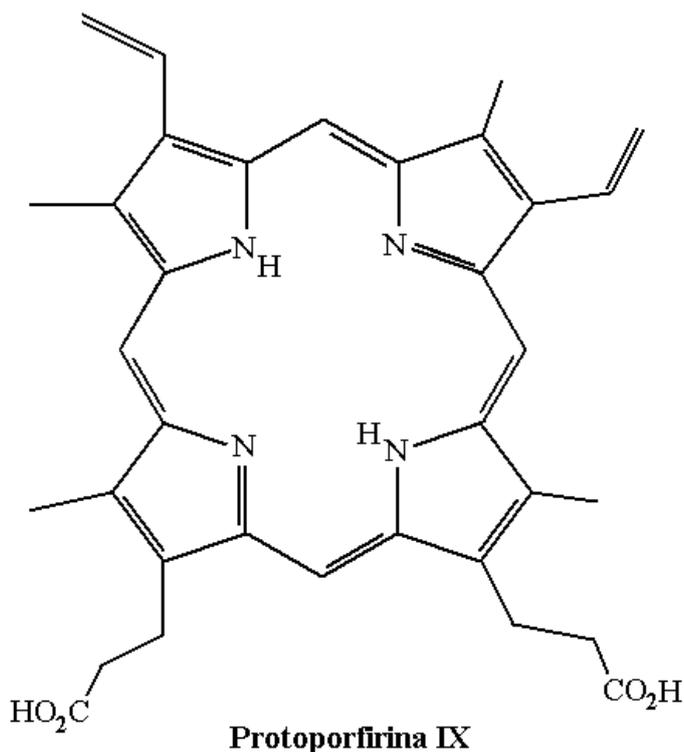
adsorção do flumioxazin também foi influenciada pelo teor de matéria orgânica do solo; solos com maiores teores de carbono orgânico reduziram sua atividade.

O flumioxazin 2-[7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-(2-propynyl)-2H-1,4-benzoxazin-6-yl]-4,5,6,7-tetrahydro-1H-isoindole-1,3(2H)-dione (WSSA, 2002), cuja estrutura química encontra-se ilustrada na Figura 2, pertence ao grupo químico das ftalamidas (Merotto Jr. e Vidal, 2001), e é inibidor da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX).

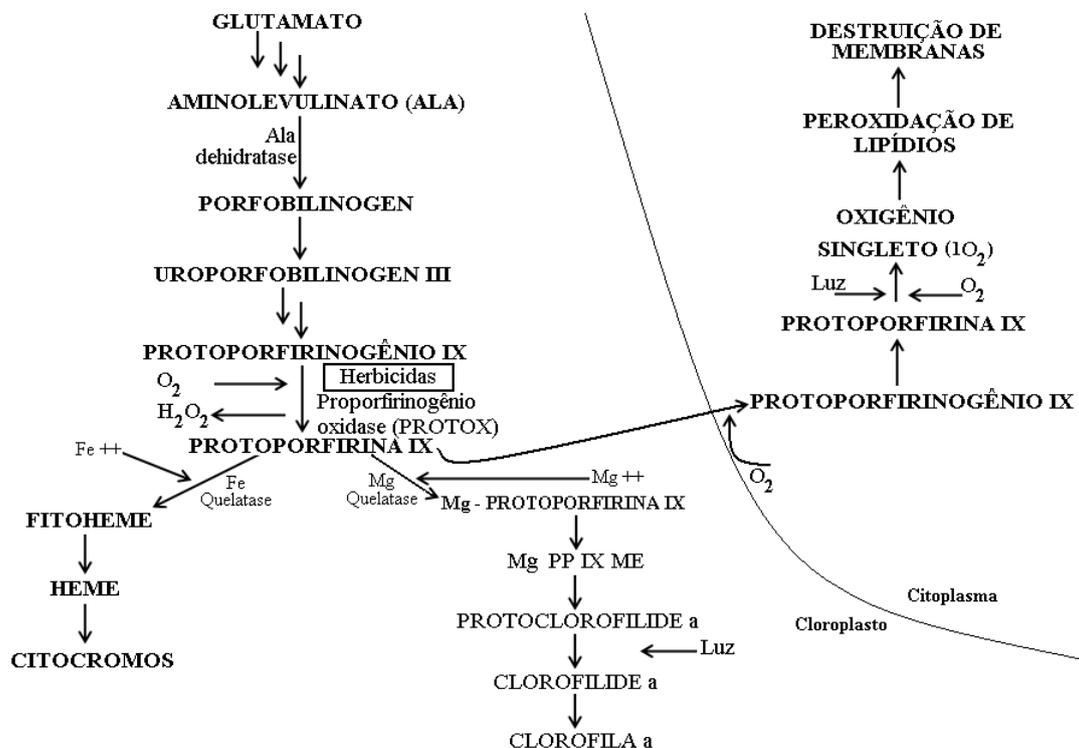


**Figura 2.** Estrutura química do flumioxazin. Fonte: WSSA (2002); Devine et al. (1993).

Quando a PROTOX é inibida, ocorre acúmulo de proto IX no cloroplasto e este extravasa (via difusão) para o citoplasma, se oxidando naturalmente e formando protoporfirina IX (Figura 3). No citoplasma, a protoporfirina IX atua como um composto fotodinâmico e interage com o oxigênio, na presença de luz, promovendo peroxidação de lipídios, causando destruição de membranas celulares (Figura 4) e acarretando rápida dessecação foliar nas plantas que emergem (Vidal, 1977; Oliveira, 1995; Rodrigues e Almeida, 1998; Oliveira Jr., 2001; WSSA, 2002; Christoffoleti, 2004; Barros et al., 2005). Para o manejo da resistência em plantas daninhas, segundo WSSA (2002), pertence ao grupo E (HRAC) ou 14 (WSSA).



**Figura 3.** Estrutura química da protoporfirina IX. Fonte: APMA (2003).



**Figura 4.** Representação da rota de síntese de porfirinas e da inibição da atividade da enzima PROTOX causada pelos herbicidas, resultando na peroxidação de lipídios. Fonte: Duke et al. (1991); Devine et al. (1993); Vidal (1997); Merotto Jr. e Vidal (2001).

Os herbicidas com esse mecanismo de ação, têm sido investigados por mais de 30 anos. Durante o período de 1970-1980, um grande número de trabalhos foi feito com estes herbicidas, embora pouco se soubesse a respeito de seu modo de ação (Zobiolo, 2004). Atualmente, herbicidas cujo ingrediente ativo é o flumioxazin estão registrados nos USA, Argentina, Brasil, Paraguai, China, França, África do Sul, Zimbábue, Israel e Japão (APVMA, 2003).

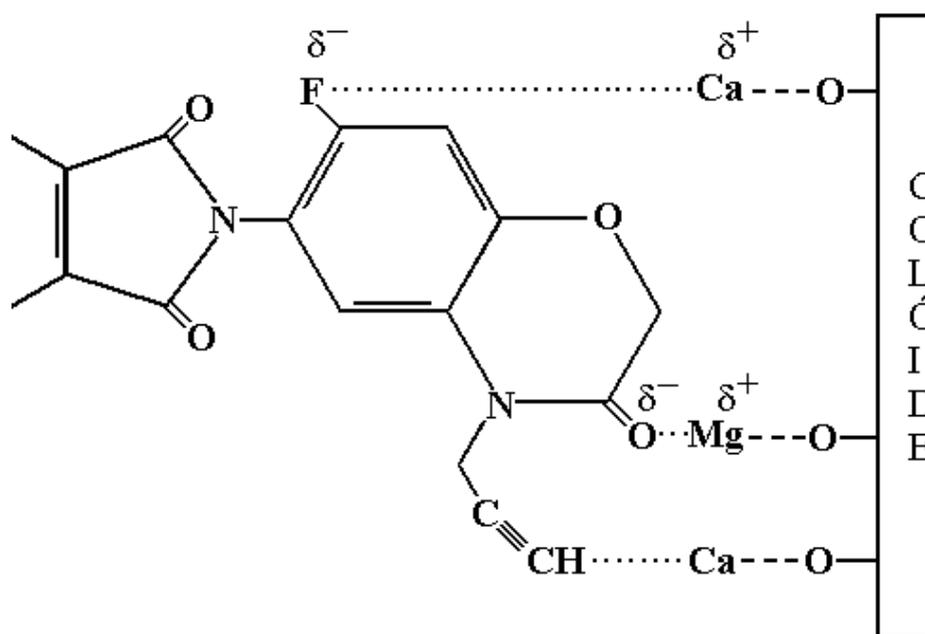
Segundo Lavorenti et al. (2003), cada pesticida possui uma série específica de propriedades físico-químicas, em decorrência do tipo de átomos que o compõem e do seu arranjo estrutural. As principais propriedades físico-químicas relacionadas a seu comportamento ambiental são: solubilidade em água ( $S_w$ ), pressão de vapor ( $P$ ), coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ), constante de ionização ácido ( $pK_a$ ) ou base ( $pK_b$ ) e constante da lei de Henry ( $K_H$ ). Essas propriedades são determinadas em laboratório, sob condições controladas e por métodos conhecidos.

A lixiviação de um herbicida é influenciada pelo grau de sua adsorção pelos colóides do solo, pela textura e permeabilidade do solo, pelo volume de fluxo de água e pelas características físico-químicas das moléculas, principalmente a solubilidade em água (Oliveira et al., 1998b). Quanto menor a adsorção das moléculas do herbicida pelos colóides minerais e orgânicos desse solo, maior a concentração na solução do solo e, conseqüentemente, maior disponibilidade do produto para ser absorvido pelas plantas presentes. Adsorção forte reduz a disponibilidade biológica, lixiviação e o movimento do produto na água, mas pode aumentar a resistência à degradação (Moreira et al., 1995).

Quanto ao flumioxazin, sua solubilidade em água é de  $1,79 \text{ mg L}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ , possui coeficiente de partição ( $K_d$ )  $3,54 \times 10^2$  a  $20^\circ\text{C}$ , log do coeficiente de partição n-octanol-água ( $\log K_{ow}$ ) 2,55 a  $20^\circ\text{C}$  e pressão de vapor  $2,41 \times 10^{-6}$  a  $22^\circ\text{C}$ . Não se dissocia e, portanto, não possui  $pK_a$  (Oliveira, 1995; Oliveira et al., 1999; WSSA, 2002). Sua movimentação no solo é baixa, independentemente da umidade, e sua lixiviação, quando aplicado em solo seco ou úmido, é pequena, tendo em vista sua baixa solubilidade em água (Oliveira et al., 1998c). A adsorção de compostos como esse, que não se dissocia, não é atribuída à troca de cátions e sim às pontes de hidrogênio e a outras forças iônicas que existem na superfície do adsorvente e do adsorvado.

Vários herbicidas são considerados não-iônicos, entre eles, trifluralin, alachlor, acetolachlor e metolachlor (Oliveira et al., 1998a).

O efeito de redução na disponibilidade de flumioxazin, segundo Lima et al. (1999), pode estar relacionado a fenômenos de interação entre os cátions do complexo sortivo do solo e os centros ricos em elétrons da molécula do herbicida. Esta adsorção pode ter ocorrido entre as moléculas do herbicida e os cátions ligantes (cálcio e, ou magnésio) do complexo de troca e as argilas e, ou matéria orgânica do solo, conforme esquematizado na Figura 5.



**Figura 5.** Esquema da interação entre o flumioxazin e os cátions adsorvidos aos colóides do solo (Lima et al., 1999).

Ferrell et al. (2005) trabalharam com um solo areno-argilo-siltoso e descreveram cinéticas de adsorção do flumioxazin. Após uma hora de agitação contínua, 72% do herbicida estava adsorvido. Eles também testaram a adsorção do flumioxazin em sete importantes solos do sul dos Estados Unidos (USA) e as isotermas de adsorção para todos os solos tiveram  $K_f$  (coeficiente de distribuição de Freundlich) variando de 8,8 a 0,4 e para muitos solos o  $K_f$  permaneceu próximo de 1,5. Para esses autores, o conteúdo de matéria orgânica do solo foi o parâmetro mais altamente correlacionado com a adsorção do flumioxazin.

Eles demonstraram que a sorção pelos minerais de argila teve valores de  $K_f$  variando de 50 para bentonita até 4,7 para caulinita. Todavia, a

normalização do  $K_f$  para áreas superficiais de sorção revelou que os óxidos de alumínio (gibbsita) possuem a maior sorção do flumioxazin por unidade de área. A sorção por troca aniônica em resina ( $K_f$  676) foi maior que a sorção por troca catiônica ( $K_f$  42). Foram realizados testes com o modelo molecular do herbicida para elucidar o porquê das trocas aniônicas terem sido maiores, e esses cálculos indicaram que existe uma região de densa eletronegatividade na região 3-dione da molécula. Isso explicaria a grande sorção do flumioxazin por sítios superficiais carregados positivamente. As isotermas de dessorção a partir do solo não exibiram efeito de histerese; a dessorção a partir dos minerais de argila foi muito rápida e o flumioxazin em solução foi indetectável após três aferições. A partir desses dados os autores concluíram que o flumioxazin pode se tornar avaliável na solução do solo com o incremento no conteúdo de água do solo.

Segundo Oliveira Jr. (1995), dessorção é a liberação pelo solo de moléculas anteriormente sorvidas. A intensidade de dessorção reflete o grau de reversibilidade do processo sortivo. Em alguns casos a sorção é completamente reversível, mas em outros, apenas parte do herbicida sorvido retorna à solução do solo, fenômeno denominado histerese.

Existem poucos artigos publicados sobre a persistência do flumioxazin no ambiente (Ferrell e Venvill, 2003). Por esse motivo, esses autores desenvolveram trabalhos para determinar o tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) desse produto em solos com diferentes teores de argila, incubados às temperaturas de 15 e 25°C. Os resultados indicaram que a temperatura possui pouco efeito sobre a persistência do produto, mas em solos com maiores teores de argila (32%) o  $t_{1/2}$  foi maior (17,9 dias à temperatura de 15°C e 16 dias a 25°C), enquanto em solos com menores teores de argila (2%) o  $t_{1/2}$  foi menor (13,6 e 12,9 dias, para as temperaturas 15 e 25°C, respectivamente). Segundo esses autores, os maiores teores de argila provocam maior adsorção, e menos flumioxazin permanece livre para ser degradado por microorganismos. Em solos onde foram realizados tratamentos para redução da população de microorganismos, 99% da quantidade inicial de flumioxazin foram detectados no solo após 16 dias. A mineralização do flumioxazin, pela evolução dos teores de  $^{14}\text{CO}_2$ , também foi maior nos solos com baixos teores de argila (2,2% após 64 dias) do que nos solos com maiores teores de argila (2,0% após 64 dias),

solos esses citados anteriormente. A partir desses dados, os autores concluíram que os microorganismos foram o fator de maior influência quanto à degradação do flumioxazin.

Para Walter et al. (1992), Procópio et al. (2002), Ferri e Vidal (2003b) e Corrêa (2005), a adição de matéria orgânica nos solos acelera a degradação de herbicidas, principalmente dos que necessitam da via microbiana de degradação, por aumentar a população e a atividade dos microorganismos no solo. Isso vai ao encontro do que foi escrito por Oliveira Jr. (2002), onde consta que para a grande maioria dos herbicidas aplicados ao solo, os processos de degradação mediados por microorganismos do solo são os mais importantes.

A absorção do flumioxazin pelas plantas daninhas parece ocorrer durante a emergência, quando estas entram em contato com a camada de solo que contém o produto, e sua seletividade está relacionada, em algumas situações, com a sua posição no solo em relação à estrutura da planta, principalmente o hipocótilo. Proporciona excelente controle de diversas espécies daninhas, dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas prejudiciais à soja, ao milho e ao feijão (Oliveira, 1995; Oliveira et al., 1999). Contiero e Constantin (2001) destacam trabalhos realizados por vários autores que consagram seu uso na cultura da soja, aplicado em pré-emergência, e também a eficácia desse herbicida no controle de plantas daninhas, principalmente as latifoliadas, em pós-emergência, inclusive na cultura de citros (Maciel e Constantin, 2002), em mistura com outros herbicidas.

Porém, apesar dele ser um herbicida residual e ser absorvido principalmente através das raízes das plantas daninhas, ele precisa atingir o solo para que sua ação tenha início. De acordo com Ferri e Vidal (2003a e 2004), a eficácia de controle das plantas daninhas com herbicidas residuais é influenciada pela umidade, pelos teores de argila e matéria orgânica, pelo pH e pela cobertura do solo com palha. Esses fatores influenciam processos de retenção, transferência e transformação destes herbicidas no solo, como adsorção, lixiviação e degradação biológica, e regulam a concentração e a persistência desses compostos no solo. A cobertura morta, normalmente presente em sistemas de semeadura direta na palha, pode dificultar a chegada do herbicida no solo e, em função disso, interferir na absorção pelas raízes de plantas daninhas.

Esses mesmos autores citam um trabalho em que a cobertura morta afetou a atividade de herbicidas cloroacetamidas, pois menos de 10% do herbicida atingiram o solo quando havia 4.480 kg ha<sup>-1</sup> de palha, sugerindo que a eficácia de controle das plantas daninhas pode ser reduzida com sua presença. Dessa forma, segundo Ferri e Vidal (2003a), o menor controle das plantas daninhas apresentado pelos herbicidas cloroacetamidas na semeadura direta pode ser decorrente da adsorção desses compostos à palha. Corrêa (2005) afirma que entre os técnicos que trabalham com controle químico de plantas daninhas em cana-de-açúcar é consenso que os herbicidas tradicionais de pré-emergência não conseguem atravessar a camada de palha deixada pela cultura e atingir o solo onde poderiam ser absorvidos pelas plantas daninhas.

A semeadura direta sobre a palhada da cultura anterior ou de plantas cultivadas para esse fim ou de plantas daninhas previamente dessecadas, além de se apresentar como uma prática conservacionista (Oliveira et al., 2001), reduz a densidade da população de plantas daninhas (Fornarolli et al., 1998; Maciel, 2001; Gallagher et al., 2003; Krahenbuhl et al., 2005; Timossi, 2005; Cordeiro et al., 2006). Nesse sistema de semeadura, o controle das plantas daninhas depende da utilização de herbicidas, pois os cultivos e as capinas são incompatíveis com a tecnologia nele utilizada (Carvalho et al., 2002). Porém, a quantidade e origem da cobertura morta, entre outros fatores, podem interferir na capacidade de um herbicida residual atingir o solo (Costa et al., 2004).

Segundo Pitelli e Durigan (2001), a cobertura morta sobre a superfície do solo em quantidades suficientes para cobri-lo total ou parcialmente, pode afetar a emergência das plantas daninhas de três formas distintas: a física, a biológica e a química, além da interação entre elas. Na maioria das vezes, os benefícios das coberturas mortas em relação à comunidade infestante têm sido atribuídos aos compostos alelopáticos e aos efeitos físicos que devem ser considerados, pois as espécies infestantes, em geral, apresentam dormência ou algum tipo de controle de germinação quando submetidas a diferentes níveis de palha sobre o solo (Velini e Negrisoni, 2000; Corrêa, 2005; Maciel e Velini, 2005; Timossi, 2005).

A semeadura de culturas de verão como soja, feijão e milho, no sistema de plantio direto sobre coberturas mortas densas, de lenta decomposição e com ação alelopática, permite reduzir ou até mesmo dispensar o uso de herbicidas (Almeida, 1988; Fornarolli, 1999). No entanto, muitos agricultores fazem exatamente o contrário; aumentam as doses dos herbicidas residuais em plantio direto, pois alegam que parte do produto fica retida na palha e não atinge o solo (Rodrigues et al., 1998; Oliveira, 2001).

Essa preocupação por parte de alguns agricultores tem uma certa razão, pois Martins et al. (1999) avaliaram o efeito de diferentes quantidades de palha sobre a emergência de diferentes plantas daninhas dicotiledôneas e concluíram que a emergência de *Sida rhombifolia* é bastante afetada principalmente por quantidades de palha acima de 6 t ha<sup>-1</sup>. No entanto, as espécies, *B. pilosa*, *E. heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* sofreram pouca influência da cobertura morta. Silva et al. (2003) e Durigan et al. (2004), constataram baixa influência da palha residual de cana-de-açúcar sobre a emergência de *Cyperus rotundus* (tiririca). Martins et al. (1999) e Maciel et al. (2003) também constataram a emergência de *E. heterophylla* (amendoim-bravo) em cobertura morta de *Brachiaria decumbens* e palha residual de cana-de-açúcar. Meschede et al. (2004) destacam *E. heterophylla* e *B. pilosa*, por sinal, entre as espécies de plantas daninhas de maior importância nos cultivos de verão no Estado do Paraná.

Negrisoni (2005) destaca que para exercerem sua atividade sobre as plantas infestantes, os herbicidas residuais aplicados sobre uma camada de cobertura morta precisam ser transportados para o solo, o que se dá através do carreamento pela chuva, e esse processo é afetado pela solubilidade do produto em água. Se houver chuva logo após a pulverização, a eficiência do herbicida residual aplicado sobre a palha dependerá da quantidade lixiviada nessa camada de palha formada. Esse autor chama atenção para o fato de que apesar dos restos culturais muitas vezes apresentarem maior capacidade de adsorção que o solo, essa adsorção no material residual decresce com o aumento da polaridade do herbicida.

Cavenaghi et al. (2002), por exemplo, trabalharam com 6 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia, 10 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar e diferentes lâminas de chuva, um dia após a aplicação de sulfentrazone e relataram que a lixiviação

do herbicida da palhada de aveia atingiu 94%, enquanto a lixiviação da palhada de cana-de-açúcar foi de apenas 67%, para a quantidade máxima de 65 mm de chuva, em ambos os casos.

Fornarolli et al. (1998) e Rodrigues et al. (1998) relatam que boa parte de alguns herbicidas pré-emergentes é interceptada pela palhada, quando a aplicação é feita onde há grande quantidade de cobertura morta. Isso ocorre com a mistura atrazine e metolachlor, recomendada para o plantio convencional, com solo bem preparado, livre de torrões e restos vegetais, quando tem sua aplicação feita em plantio direto. Segundo estes autores, alguns herbicidas são mais retidos que outros pelas coberturas mortas e tais diferenças podem estar ligadas principalmente a diferentes solubilidades e à pressão de vapor de cada herbicida, quantidades e origens das coberturas mortas e intensidades e épocas de ocorrência de chuvas após a aplicação desses produtos.

Dao (1991) estudou a interação dos herbicidas metribuzin e s-ethyl metribuzin com resíduos frescos e com a palha de trigo, e verificou a ocorrência de maior adsorção de s-ethyl metribuzin em relação ao metribuzin, o que chama a atenção pelo fato da solubilidade do s-ethyl metribuzin ser quatro vezes maior que a do metribuzin. Anteriormente, Streck e Weber (1982) haviam estudado o comportamento dos herbicidas metolachlor e alachlor na presença de palha e verificaram que o primeiro foi menos interceptado pela cobertura morta de trigo, possivelmente pela solubilidade ser maior do que o segundo.

Rodrigues et al. (2000c) avaliaram o comportamento das misturas de imazaquin com pendimethalin e sulfentrazone com metribuzin em plantio direto. Quando submetidas a uma lâmina de irrigação de 48,3 mm, 24 horas após aplicação, observaram que praticamente todo o imazaquin e o sulfentrazone foram lixiviados da palha para o solo, enquanto que o pendimethalin ficou praticamente todo retido na palhada. Eles também suspeitam que isto pode ser explicado pela solubilidade dos herbicidas.

Dao (1991) destaca também que podem ocorrer mudanças na composição química da palha à medida que esta envelhece. O autor observou aumento na adsorção dos herbicidas metribuzin e s-ethyl metribuzin à medida que houve envelhecimento da palha e concluiu que essa resposta diferenciada

se encontrava associada ao declínio da concentração de celulose ou, inversamente, com o enriquecimento da palhada em lignina.

Outro coeficiente que deve ser considerado quando se trata de aplicação de herbicidas sobre a palhada é o coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ). Por ser uma medida da lipofilicidade das moléculas, o  $K_{ow}$  tem sido utilizado como medida da interação entre herbicidas e material orgânico, nesse caso a palha (Oliveira et al., 2001). O coeficiente de partição n-octanol-água, segundo Lavorenti et al. (2003), é definido como a relação entre a concentração de uma molécula na fase n-octanol saturado em água e sua concentração na fase aquosa saturada em n-octanol, ou seja, refere-se à medida da intensidade da afinidade da molécula pela fase polar (representada pela água) e apolar (representada pelo n-octanol). É uma propriedade muito importante nos estudos relacionados ao destino das moléculas orgânicas no ambiente, pois mede o caráter hidrofóbico-hidrofílico da molécula e é um índice que está relacionado, entre outros, com a solubilidade em água, com o coeficiente de partição solo-solução e com o fator de bioconcentração para a vida aquática. Valores de  $K_{ow}$  são expressos, normalmente, na forma logarítmica ( $\log K_{ow}$ ). De acordo com Foloni (2000), essa relação quando convertida em logaritmo é conhecida como  $\log P$ . Portanto,  $\log P = \log K_{ow}$ .

$$\log K_{ow} = \log \frac{\text{Concentração na fase n-octanol}}{\text{Concentração na fase aquosa}}$$

Para Lavorenti et al. (2003), herbicidas lipofílicos, com valores de  $\log K_{ow}$  elevados (maiores que 4,0), tendem a se acumular nos materiais lipídicos, assim como na fração orgânica do solo. Como exemplo pode ser citada o trifluralin (Montgomery, 1997). Herbicidas hidrofílicos, com valores de  $\log K_{ow}$  baixos (menores que 1,0), apresentam baixa sorção aos sedimentos lipídicos do solo. Como exemplo pode ser citado o picloran (Montgomery, 1997). O glyphosate, de acordo com Monquero et al. (2001), apresenta um coeficiente de partição octanol-água considerado baixo ( $\log K_{ow} = -4,1$ ), o que indica pouca afinidade por lipídios. Por essa razão, segundo Esser (1986), apresenta baixa bioconcentração em mamíferos e é, portanto, um herbicida de baixo impacto ambiental e pode ser uma alternativa viável para o sistema de manejo de plantas daninhas em culturas tolerantes aos herbicidas e manejo de vegetação em áreas de plantio direto.

Como no Brasil tem sido observada uma rápida expansão das áreas com plantio direto (Velini e Negrisoni, 2000; Costa et al., 2004; Maciel e Velini, 2005), que se expandiu gradativamente a partir da década de 70, atingiu um milhão de hectares nos anos 1989-1990 e ultrapassou 21 milhões de hectares em 2003-2004 (Pereira, 1997; Torres, 2003; Timossi, 2005), há necessidade de pesquisas voltadas ao comportamento de herbicidas para esse tipo de ambiente. Corrêa (2005) chama a atenção sobre a importância da interação entre os herbicidas aplicados em pré-emergência e os resíduos culturais para a conservação das práticas de plantio direto, haja vista que 60% ou mais da superfície do solo pode estar coberta, impedindo a difusão dos herbicidas aplicados. Para Timossi (2005), a capacidade maior ou menor de um determinado herbicida em atravessar a palha, é função da sua solubilidade, da sua adsorção na palha e do volume de precipitações pluviométricas. Herbicidas que apresentam maior solubilidade, têm maior probabilidade de atingir a superfície do solo, e mais rapidamente, evitando-se a degradação intermediária das moléculas em formas atóxicas (Timossi, 2005).

As coberturas mortas diferem muito entre si quanto ao tempo que demoram para se decompor (Rodrigues et al., 1998). O plantio direto depende, para o seu sucesso, de fontes eficientes de cobertura morta com longevidade adequada (Timossi, 2005). Depois do nabo forrageiro, os resíduos que se decompõem mais rapidamente são os de aveia; todavia, em função dela produzir grande quantidade de biomassa (5000 a 6000 kg ha<sup>-1</sup>), seu tempo de permanência como matéria morta sobre o terreno é maior (Almeida, 1988; Rodrigues et al., 1998; Costa et al., 2004). Para Salton (2001) é a cultura responsável pela expansão do plantio direto na Região Sul do país.

Fornarolli et al. (1998) realizaram estudos sobre o efeito da cobertura morta sobre o comportamento de atrazine e demonstraram que para cada dose aplicada houve retenção próxima a 85% do herbicida, para os níveis 4,5 e 9,0 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia. Nesses estudos não houve diferença significativa entre os níveis de cobertura morta e, após uma irrigação de 20 mm, o atrazine foi lixiviado para o solo.

Também como forma de avaliar a interceptação dos herbicidas pela palha, Velini e Negrisoni (2000) simularam a aplicação de um herbicida e utilizaram um corante (FDC-1), procurando assim determinar a porcentagem de

interceptação do mesmo por diferentes camadas de palha. Como resultado eles obtiveram que apenas 35,5% da calda de pulverização atingiu o solo, quando havia 1 t ha<sup>-1</sup> de palha; com 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> as porcentagens de interceptação da calda pela palha foram de 99,4 e 99,5%, respectivamente.

Cavenaghi et al. (2002), estudaram o efeito da palhada de cana-de-açúcar e de aveia na interceptação do sulfentrazone e observaram que praticamente todo o produto aplicado foi retido quando os níveis de palha foram superiores a 4,0 t ha<sup>-1</sup>. Corrêa (2005), cita um trabalho em que os autores pesquisaram a deposição e lixiviação do herbicida metribuzin em palha de cana, e reportaram que para esta mesma quantidade de palha houve uma interceptação próxima a 95% do produto.

Banks & Robinson (1982) já haviam relatado que o aumento dos resíduos culturais de trigo na superfície do solo proporcionou grande redução na lixiviação de metribuzin da palhada, pois menos de 45% do metribuzin aplicado atingiu o solo coberto com 2,25 t ha<sup>-1</sup> de palha de trigo, após ser aplicada uma lâmina de 3,0 mm de irrigação. Rodrigues et al. (1998), utilizando 6,0 e 12,0 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia preta como cobertura morta, verificaram que o herbicida trifluralin não atingiu o solo, mesmo quando submetido a uma irrigação de 20 mm, simulada 24 horas após a aplicação.

Por outro lado, Buzetti & Santos (1999) estudaram o efeito de 0,3 e 0,6 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia preta sobre o comportamento dos herbicidas diclosulan (25, 35 e 45 g ha<sup>-1</sup>) e flumetsulam (120 g ha<sup>-1</sup>), e verificaram que o controle foi superior a 90% para as espécies *Amaranthus viridis*, *S. rhombifolia* e *B. pilosa*, tanto na presença quanto na ausência da palha. Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida (1992), que verificou a eficácia das misturas em tanque de oryzalin com metribuzin e de cyanazine com metolachlor, quando aplicados em pré-emergência no sistema de plantio direto, e concluiu que não houve prejuízo à ação dos produtos pelos níveis de 2,7 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de cobertura morta, e os mesmos apresentaram resultados semelhantes aos obtidos no sistema de plantio convencional.

Fornarolli et al. (1998) realizaram uma irrigação por aspersão equivalente a 20 mm, sobre uma área experimental com palha de aveia preta, 24 horas após a aplicação de atrazine, e verificaram que não houve diferenças significativas na quantidade de produto lixiviado entre os níveis zero, 4,5 e 9,0 t

ha<sup>-1</sup> de cobertura morta. Costa et. al. (2004) estudaram o controle de quatro espécies de plantas daninhas (*Brachiaria plantaginea*, *B. decumbens*, *I. grandifolia* e *E. heterophylla*) pela mistura dos herbicidas metribuzin e trifloxysulfuron sodium + ametryn aplicados diretamente sobre a palha de cana-de-açúcar, sem a ocorrência de chuvas após a aplicação, e também concluíram que houve excelente nível de controle para todas as plantas daninhas, o que indica que os herbicidas foram absorvidos pelas plantas daninhas em questão, diretamente da palha.

Rodrigues et al. (2000c), estudando a influência da cobertura morta na retenção do imazaquin, em plantio direto, aplicaram doses de 75, 150 e 300 g ha<sup>-1</sup> sobre 7 e 14 t ha<sup>-1</sup> de resíduos de aveia preta e em solo sem cobertura. Amostras de palha e solo foram coletadas imediatamente e 24 horas após a aplicação de imazaquin, depois o experimento foi irrigado e novas amostras foram coletadas para bioensaios (solo) e análises cromatográficas (palha). Observaram então que, apesar da grande interceptação do produto pela cobertura morta em ambas as quantidades, após a irrigação praticamente todo o herbicida foi lixiviado da palha para o solo.

Os herbicidas utilizados no manejo das plantas daninhas antes da semeadura da cultura, tanto para permiti-la quanto para a formação da palhada, são muito importantes no plantio direto, com destaque para os dessecantes sem efeito residual, como o glyphosate e o paraquat (Constantin et al. 2000; Carvalho et al., 2002). A utilização de um herbicida com efeito residual no solo, juntamente com o dessecante, pode ser uma alternativa para diminuir a pressão das plantas daninhas sobre a cultura implantada e, conseqüentemente, proporcionar economia nos custos de controle. Como exemplo, pode-se citar a mistura de glyphosate com chlorimuron-ethyl que tem se mostrado eficiente na dessecação das plantas daninhas e proporcionado efeito residual significativo, reduzindo a infestação durante o ciclo da cultura (Carvalho e Cavazzana, 2000; Valente e Cavazzana, 2000; Carvalho et al. 2002).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no campus da Universidade Estadual de Maringá–PR, localizado na latitude 23° 27' S e longitude 51° 55' W, com clima subtropical úmido (Rigon, 2005). Foram usadas amostras de um Latossolo Vermelho Distroférrico, provenientes de uma área submetida ao plantio direto por aproximadamente 12 anos, onde se cultiva soja nas safras de verão e o milho safrinha, pertencente a uma propriedade agrícola na cidade de Floresta–PR.

#### 3.1. Experimento 1

Para a realização deste experimento, coletou-se solo no dia 03/11/2005, em uma área que havia sido dessecada e destinada à semeadura de soja; porém, as amostras de solo foram coletadas de uma área que não havia recebido dessecante, afastando a possibilidade de interferência de herbicidas residuais nos resultados do experimento. Foi demarcado um quadrado de 5m x 5m e, no centro, foi cavada uma trincheira de 2m x 1m, para a coleta das amostras que foi realizada em cinco camadas de um mesmo perfil (0 - 5 cm; 5 - 20 cm; 20 - 40 cm; 40 - 80 cm; 80 - 120 cm). Foram coletados aproximadamente 120 kg de solo em cada camada.

O solo foi levado para casa de vegetação, espalhado, destorroado, seco ao ar livre, peneirado em malha de 4 mm, homogeneizado em betoneira, e de cada camada foi retirada uma amostra para ser caracterizada física e quimicamente (Tabela 1), no laboratório de solos do Departamento de Agronomia da UEM, segundo metodologia da EMBRAPA (1979).

Em seguida, o solo foi colocado em 75 vasos plásticos, com capacidade individual para aproximadamente 3 kg, forrados internamente com papel. No dia 21/11/2005, foi realizada a aplicação do flumioxazin, em solo úmido, sob temperatura de 27°C e umidade relativa do ar de 38%, através de um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m

contendo quatro bicos leque série 110.02, com pressão de 30 lb pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>.

**TABELA 1.** Resultado das análises física e química das cinco camadas do solo utilizado no experimento 1.

Análise física	Camadas do solo (cm)				
	0 – 5	5 – 20	20 – 40	40 – 80	80 – 120
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	60	40	30	30	20
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	140	120	110	90	90
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	120	120	80	80	70
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	680	720	780	800	820
<b>Análise química</b>					
C orgânico (g dm <sup>-3</sup> )	27,13	15,96	6,78	3,59	2,79
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,00	5,40	5,70	6,00	6,30
pH (H <sub>2</sub> O)	6,60	6,20	6,40	6,60	6,90
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,42	4,28	3,42	2,94	2,73
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,61	5,84	5,21	4,10	3,68
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,80	1,36	1,11	0,83	0,78
P (mg kg <sup>-1</sup> )	18,60	9,00	1,10	1,30	0,80
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,30	0,75	0,43	0,24	0,12
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13,71	7,95	6,75	5,17	4,58
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	17,13	12,23	10,17	8,11	7,31
V (%)	80,04	65,00	66,37	63,75	62,65

No dia 26/11/2005, foram semeadas 30 sementes de *E. heterophylla* por vaso (unidade experimental). Logo em seguida, cada unidade experimental foi coberta com uma fina camada de palha e, sempre que necessário, irrigada para que o solo se mantivesse com umidade suficiente para a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21, 28, 35 e 49 DAS (dias após a semeadura), quando as plantas vivas foram contadas, mas somente a avaliação dos 49 DAS foi analisada estatisticamente. Aos 49 DAS (14/01/2006), a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (5 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: cinco camadas de solo (0 - 5 cm; 5 – 20 cm; 20 – 40 cm; 40 – 80 cm; 80 – 120 cm) e três doses de herbicida (0, 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

### 3.2. Experimento 2

Para a realização deste experimento foi coletado um solo na mesma área, porém em local e época diferentes daquele em que foi coletado o solo para a realização do experimento 1. Coletou-se o solo logo após a colheita da safra 2005-2006, no dia 11/08/2006, em quatro camadas (0 – 5 cm; 5 – 10 cm; 10 – 15 cm; 15 – 20 cm).

Após o solo ter sido espalhado, destorroado, seco ao ar livre, peneirado em malha de 4 mm, homogeneizado em betoneira, foram retiradas amostras do material resultante para serem caracterizadas física e quimicamente (Quadro 2), no laboratório de solos do Departamento de Agronomia da UEM, segundo metodologia da EMBRAPA (1979).

**TABELA 2.** Resultado das análises física e química das cinco camadas do solo.

Análise física	Camadas do solo (cm)			
	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	40	40	40	10
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	90	120	110	110
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	130	100	110	120
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	740	740	740	760
Análise química				
C orgânico (g dm <sup>-3</sup> )	25,94	22,34	20,75	14,36
pH (CaCl <sub>2</sub> )	6,00	5,30	5,20	5,00
pH (H <sub>2</sub> O)	6,60	6,00	6,00	5,70
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,42	4,96	4,96	5,34
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,17	6,05	6,98	5,91
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,89	1,98	1,67	1,21
P (mg kg <sup>-1</sup> )	20,90	8,30	22,70	13,80
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,88	0,72	0,66	0,53
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,94	8,75	9,31	7,65
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	15,36	13,71	14,27	12,99
V (%)	77,73	63,82	65,24	58,89

Em seguida (28/08/2006), o solo foi acondicionado em vasos de aproximadamente 3 kg, umedecido, envolvido em uma lona plástica preta de 100 µm de espessura e foi deixado nessa condição por 21 dias, até 18/09/2006.

No dia 31/10/06, com o solo úmido, aplicou-se o flumioxazin nas doses 0; 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, com um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m contendo quatro bicos leque série 110.02, com pressão de 30 lbs pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Nesta

ocasião, a temperatura ambiente era de 32°C, a umidade relativa do ar era de 58% e os ventos eram de 3,0 km h<sup>-1</sup>.

Sete dias após a aplicação do flumioxazin (07/12/06), ocorreu a semeadura de 30 sementes de picão (*B. pilosa*) por unidade experimental, a 1 cm de profundidade, o solo foi umedecido para permitir a germinação das semente e mantido com umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas daninhas.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAS, quando as plantas vivas foram contadas, mas somente a avaliação dos 28 DAS foi analisada estatisticamente. Aos 28 DAS, a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (4 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: quatro camadas de solo (0 - 5 cm; 5 - 10 cm; 10 - 15 cm; 15 - 20 cm) e três doses de herbicida (0, 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

### **3.3. Experimento 3**

Para a instalação deste experimento, foi utilizada uma parte do solo destinado ao experimento 2, que também havia sido acondicionado em vasos de aproximadamente 3 kg, umedecido, envolvido em uma lona plástica preta de 100 µm de espessura e foi deixado nessa condição por 21 dias, até 18/09/2006. Sua caracterização química e física também se encontra expressa na Tabela 2.

No dia 31/10/06, aplicou-se o flumioxazin, no solo úmido, nas doses 0, 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, com um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m contendo quatro bicos leque série 110.02, pressão de 30 lbs pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Nesta ocasião, a temperatura ambiente era de 32°C, a umidade relativa do ar era de 58% e os ventos eram de 3,0 km h<sup>-1</sup>.

Sete dias após a aplicação do flumioxazin, ocorreu a semeadura de 30 sementes de leiteiro (*E. heterophylla*) por unidade experimental, a 1 cm de

profundidade, o solo foi umedecido para permitir a germinação das sementes e mantido com umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas daninhas.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAS, quando as plantas vivas foram contadas, mas somente a avaliação dos 28 DAS foi analisada estatisticamente. Aos 28 DAS, a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (4 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: quatro camadas de solo (0 - 5 cm; 5 - 10 cm; 10 - 15 cm; 15 - 20 cm) e três doses de herbicida (0, 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

#### **3.4. Experimento 4**

Para a realização deste experimento foi utilizada uma parte do solo coletado na camada de 5 a 10 cm de profundidade, utilizado nos experimentos 2 e 3. Após esse solo ter sido espalhado, destorreado, seco ao ar livre, peneirado em malha de 4 mm, homogeneizado em betoneira, foram adicionadas porcentagens crescentes de areia (0, 20%, 40%, 60% e 80% massa/massa), e retiradas amostras do material resultante para serem caracterizadas física e quimicamente (Tabela 3), no laboratório de solos do Departamento de Agronomia da UEM, segundo metodologia da EMBRAPA (1979).

Em seguida, o solo com teores diversos de areia foi acondicionado em vasos de aproximadamente 3 kg, umedecido, envolvido em uma lona plástica preta de 100 µm de espessura e foi deixado nessa condição por 21 dias, para que fossem proporcionadas condições para uma maior interação entre o solo original e a areia adicionada. Dessa forma, presumiu-se que o material resultante se aproximaria química e fisicamente de um solo originalmente coletado com essas características.

**TABELA 3.** Resultado das análises física e química do solo, após adição de areia.

Análise física	Areia adicionada ao solo (%)				
	Zero	20	40	60	80
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	110	270	430	550	780
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	50	90	90	80	60
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	140	50	30	30	10
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	700	590	450	340	150
<b>Análise química</b>					
C orgânico (g dm <sup>-3</sup> )	25,94	21,15	17,56	11,97	6,78
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,50	5,50	5,50	5,30	5,50
pH (H <sub>2</sub> O)	6,20	6,30	6,20	6,10	6,30
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,61	4,28	3,97	3,68	2,73
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,47	6,46	4,99	3,06	1,48
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,91	1,88	1,55	1,20	0,57
P (mg kg <sup>-1</sup> )	14,20	14,20	10,90	6,90	5,30
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,79	0,68	0,54	0,41	0,24
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,17	9,02	7,08	4,67	2,29
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13,78	13,30	11,05	8,35	5,02
V (%)	66,55	67,82	64,07	55,93	45,62

Logo após os vasos terem sido retirados da lona plástica, onde permaneceram incubados por 21 dias, aplicou-se o flumioxazin nas doses 0, 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, no solo úmido, com um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m contendo quatro bicos leque série 110.02, com pressão de 30 lbs pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Nesta ocasião, a temperatura ambiente era de 29°C, a umidade relativa do ar era de 61% e os ventos eram de 3,5 km h<sup>-1</sup>.

Sete dias após a aplicação do flumioxazin (26/09/2006), ocorreu a semeadura de 30 sementes de picão (*B. pilosa*) por unidade experimental, a 1 cm de profundidade, o solo foi umedecido para permitir a germinação das sementes e mantido com umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas daninhas.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAS, quando as plantas vivas foram contadas, mas somente a avaliação dos 28 DAS foi analisada estatisticamente. Aos 28 DAS (24/10/2006), a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (5 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: cinco teores de areia (solo da

camada de 5 – 10 cm de profundidade; solo + 20% de areia; solo + 40% de areia; solo + 60% de areia; solo + 80% de areia) e três doses de herbicida (0, 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

### 3.5. Experimento 5

Para a instalação deste experimento, também foi utilizada uma parte do solo coletado na camada de 5 a 10 cm, que se encontrava seco, peneirado, homogeneizado, onde foram adicionadas porcentagens crescentes de vermicomposto. A caracterização química e física das amostras de solo, obtidas após a adição do vermicomposto, encontram-se na Tabela 4.

**TABELA 4.** Resultado das análises física e química do solo, após adição de vermicomposto.

Análise física	Vermicomposto adicionado ao solo (%)				
	Zero	20	40	60	80
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	30	90	170	220	260
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	70	120	120	180	310
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	120	130	110	100	130
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	780	660	600	500	300
<b>Análise química</b>					
C orgânico (g dm <sup>-3</sup> )	21,95	33,92	35,11	38,70	39,10
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,20	6,00	6,10	6,20	6,10
pH (H <sub>2</sub> O)	6,00	6,10	6,20	6,20	6,20
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,10	0,30	0,40	0,60
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,34	3,97	3,68	3,68	3,97
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,95	12,42	16,04	20,74	25,37
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,37	7,25	11,59	16,78	18,55
P (mg kg <sup>-1</sup> )	19,70	529,50	725,30	778,20	832,20
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,74	2,44	3,54	4,71	5,31
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,06	22,11	31,17	42,23	49,23
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	15,40	26,08	34,85	45,91	53,20
V (%)	65,32	84,78	89,44	91,98	92,54

A Tabela 5 traz a caracterização química do vermicomposto utilizado neste experimento. Ambas as análises foram feitas pelo Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da UEM.

**TABELA 5.** Caracterização química do vermicomposto.

pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	Carbono (g kg <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	Relação C/N
6,1	6,2	190,21	1,65	115

Para a determinação do teor de nitrogênio foi utilizada a digestão sulfúrica e para a determinação do teor de carbono orgânico foi utilizado o método da mufla, em que o material orgânico é totalmente carbonizado e dessas cinzas se determina a quantidade de carbono orgânico.

No dia 31/10/06 foi realizada a aplicação do flumioxazin nas unidades experimentais, no solo úmido, com um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m contendo quatro bicos leque série 110.02, com pressão de 30 lbs pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Nesta ocasião, a temperatura ambiente era de 32°C, a umidade relativa do ar era de 58% e os ventos eram de 3,0 km h<sup>-1</sup>.

Sete dias após a aplicação do flumioxazin, ocorreu a semeadura de 30 sementes de leiteiro (*E. heterophylla*) por unidade experimental, a 1 cm de profundidade, o solo foi umedecido para permitir a germinação das sementes e mantido com umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas daninhas.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAS, quando as plantas vivas foram contadas. Aos 28 DAS, a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental. destinadas aos experimentos 2 e 3, sob temperatura de 35°C e umidade relativa do ar de 50%.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (5 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: cinco teores de vermicomposto (solo da camada de 5 a 10 cm; solo + 20% de vermicomposto; solo + 40% de vermicomposto; solo + 60% de vermicomposto e solo + 80% de vermicomposto) e três doses de herbicida (0, 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

### **3.6. Experimento 6**

Para a instalação deste experimento, foi utilizada uma parte do solo proveniente da camada de 5 a 10 cm, destinado aos experimentos 2 e 3. Esse solo foi acondicionado em vasos de aproximadamente 3 kg, onde foram semeadas 30 sementes de *E. heterophylla* em cada uma das unidades experimentais, a 1 cm de profundidade, com o solo seco. Cada lote com 15

unidades experimentais foi coberto com quantidades de palha de aveia equivalentes a 2 t ha<sup>-1</sup>, 4 t ha<sup>-1</sup>, 6 t ha<sup>-1</sup>, 8 t ha<sup>-1</sup> e 10 t ha<sup>-1</sup>, além da testemunha sem palha.

No mesmo dia (31/10/2006), aplicou-se o flumioxazin nas doses 0, 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>, ainda no solo seco, com um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, provido de barra de 2 m contendo quatro bicos leque série 110.02, com pressão de 30 lbs pol<sup>-2</sup>, calibrado para se obter uma vazão de 200 L ha<sup>-1</sup>. Nesta ocasião, a temperatura ambiente era de 32°C, a umidade relativa do ar era de 58% e os ventos eram de 3,0 km h<sup>-1</sup>.

Logo em seguida, com o uso de um dispositivo construído para tal, à base de tubos de PVC e semelhante a um chuveiro, aplicou-se uma lâmina de água equivalente a uma chuva de 40 mm sobre as unidades experimentais. A partir de então, os vasos foram mantidos úmidos de forma uniforme, de tal modo que as plantas daninhas pudessem se desenvolver sem que esse fosse um fator limitante.

Foram realizadas avaliações de controle aos 7, 14, 21 e 28 DAS, quando as plantas vivas foram contadas. Aos 28 DAS, a parte aérea das plantas foi colhida, encerrada em saquinhos de papel, colocada em estufa a 65°C até peso constante, e pesada para que fosse obtida a massa seca proveniente de cada unidade experimental.

Os tratamentos foram combinados em um esquema fatorial (6 x 3), inteiramente casualizado, sendo os fatores: seis níveis de cobertura oriunda da aveia-preta (0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup>) e três doses de herbicida (0, 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

Os dados dos experimentos 2 e 3 foram submetidos à análise de regressão. Para os valores referentes à argila e ao carbono orgânico dos solos dos experimentos 1, 2, 3, 4 e 5 foram realizadas análises de correlação, para verificar o efeito destas e outras variáveis sobre o comportamento do flumioxazin.

Os dados obtidos em todos os experimentos foram submetidos ao teste F da análise de variância e, para comparação das médias, utilizou-se do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (Banzato e Kronka, 1989), utilizando o programa estatístico SAEG.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento 1

Através da Tabela 6, pode-se notar que a porcentagem de controle das plantas daninhas, com base no acúmulo de biomassa, foi menor na camada de 0 a 5 cm do solo. Esse controle apresentou aumento até a camada 40-80 cm de profundidade, principalmente para a dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Abaixo dos 80 cm, a porcentagem de controle decresceu, porém sem haver diferenças significativas, provavelmente não em função da ação do herbicida, mas em função das condições atípicas do solo nessa camada, tanto em termos de microbiologia quanto em fertilidade.

**TABELA 6.** Porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no acúmulo da biomassa de *E. heterophylla*, 49 DAS, em solo proveniente de diferentes profundidades. Maringá-PR, 2005/2006

Camadas do solo (cm)	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	25	40
0 – 5	0,00a	6,94b	9,84b
5 – 20	0,00a	68,12a	82,47a
20 – 40	0,00a	84,21a	96,49a
40 – 80	0,00a	87,50a	95,84a
80 – 120	0,00a	78,82a	83,90a

CV: 26,92%      DMS (coluna): 22,24

Médias seguidas com a mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Com base na Tabela 1, pode-se notar que os teores de argila aumentaram e os teores de carbono diminuíram, à medida que se aprofundou no solo. Porém, a diminuição dos teores de carbono foi muito mais acentuada do que o aumento dos teores de argila, pois enquanto o teor de argila aumentou de 680 g kg<sup>-1</sup> para 820 g kg<sup>-1</sup>, desde a camada mais superficial até a mais profunda, o teor de carbono decresceu de 27,13 g dm<sup>-3</sup> para 2,79 g dm<sup>-3</sup>.

Por meio da análise de correlação entre o controle de *E. heterophylla* e características do solo, nota-se que existem correlações negativas, significativas em nível de 5% de probabilidade, para os teores de carbono do

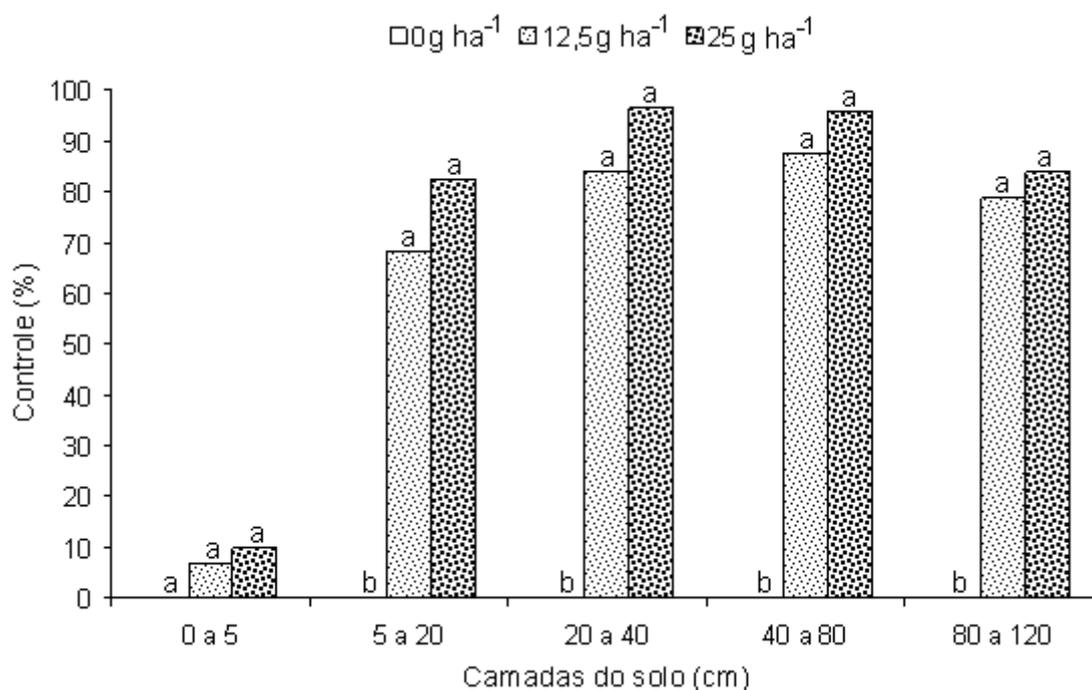
solo, tanto para a dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> (r=-0,93) quanto para a dose de 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> (r=-0,89). Isto demonstra que o controle aumentou com a redução dos teores de carbono. Em relação à argila, há correlações positivas tanto para a dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> (r=0,85) quanto para a dose de 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> (r=0,79). Embora tenha sido observada a correlação positiva entre controle e teores de argila, tal fato não encontra suporte em outros trabalhos de literatura ou nas características físico-químicas do herbicida ou do solo em questão. É possível que esse fato talvez esteja relacionado à pequena variação nos teores de argila ao longo do perfil do solo em questão.

A queda nos teores de matéria orgânica ao longo do perfil do solo parece ter sido o principal fator responsável pela maior atividade do flumioxazin, que pode ter sofrido menor adsorção e, ou degradação biológica, nas camadas mais profundas do solo, até os 80 cm. Esses resultados estão de acordo com aqueles citados por Stevenson (1972), Peter e Weber (1985), Stearman et al. (1989), Walker et al. (1992), Moreira et al. (1995), Oliveira (1995), Kuckuk et al. (1997), Freitas et al. (1999), Ferri et al. (2005), em que a matéria orgânica causou maior adsorção de herbicidas.

Segundo Lima et al. (1999), o efeito de redução na disponibilidade de flumioxazin, pode estar relacionado a fenômenos de interação entre os cátions do complexo sortivo do solo e os centros ricos em elétrons da molécula do herbicida. Como ocorreu uma queda nos níveis de cálcio e magnésio, à medida que se aprofundou no solo, provavelmente pode ter ocorrido maior adsorção do flumioxazin na camada de 0 a 5 cm, pela interação de suas moléculas com os cátions ligantes (cálcio e, ou magnésio) do complexo de troca e as argilas e, ou matéria orgânica do solo, conforme esquematizado na Figura 5.

Como as maiores quedas nos níveis de cálcio e magnésio ocorreram da camada de 0 a 5 para a de 5 a 20 cm (Tabela 1), provavelmente tenha havido uma menor disponibilidade desses elementos para fazer o elo entre o herbicida e os colóides do solo, proporcionando uma maior disponibilidade na solução do solo.

A comparação entre as doses, dentro de cada camada do solo, está representada na Figura 6.



**Figura 6.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no acúmulo da biomassa de *E. heterophylla*, em cada camada do solo, aos 49 DAS. As letras referem-se às comparações entre doses para uma mesma camada de solo. Maringá-PR, 2005/2006. DMS: 18,98

Verifica-se que na camada de 0 a 5 cm de profundidade não houve diferenças significativas de controle entre a dose zero e as demais. Este fato reforça a evidência de adsorção do herbicida pela matéria orgânica, que se encontra em elevada concentração nesta camada de solo. Para as demais camadas, houve diferenças significativas entre a dose zero e as outras, mas não houve diferenças entre as doses de 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>, ainda que o controle para a dose de 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> tenha apresentado uma tendência em ser superior.

#### 4.2. Experimento 2

Observa-se na Tabela 7 que para a dose de 12,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> houve diferença significativa de controle de *B. pilosa* entre a camada de 0 a 5 cm e as camadas de 10 a 15 cm e 15 a 20 cm de profundidade. Não houve diferenças significativas entre a camada de 0 a 5 e a de 5 a 10 cm, nem entre a de 5 a 10 e a de 10 a 15 cm. Porém, mesmo onde não houve diferenças significativas entre camadas, pode-se notar uma tendência de aumento de controle.

**TABELA 7.** Porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no acúmulo de biomassa de *B. pilosa* aos 28 DAS, em solo proveniente de diferentes profundidades. Maringá-PR, 2006

Camadas do solo (cm)	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	12,5	25
0 - 5	0,00a	18,59c	35,31c
5 - 10	0,00a	26,66bc	67,28b
10 - 15	0,00a	31,00b	68,00b
15 - 20	0,00a	54,80a	95,20a
CV: 17,73%	DMS (coluna): 9,91		

Médias seguidas com a mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Quanto à dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, o efeito é mais pronunciado, quando comparado com o da dose de 12,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>, pois há diferença significativa de controle entre a camada de 0 a 5 cm e todas as demais, além de ter havido diferenças significativas de controle entre as duas camadas intermediárias e a camada de 15 a 20 cm.

O controle das plantas daninhas, neste trabalho, é apenas um parâmetro indicativo de disponibilidade do flumioxazin na solução do solo. Entretanto, vale destacar que a dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> promoveu um excelente controle da espécie *B. pilosa*, na camada mais profunda. Provavelmente isso deve ter ocorrido pelo fato de ali haver menor teor de matéria orgânica, o que permitiu ao herbicida ficar disponível para ser absorvido.

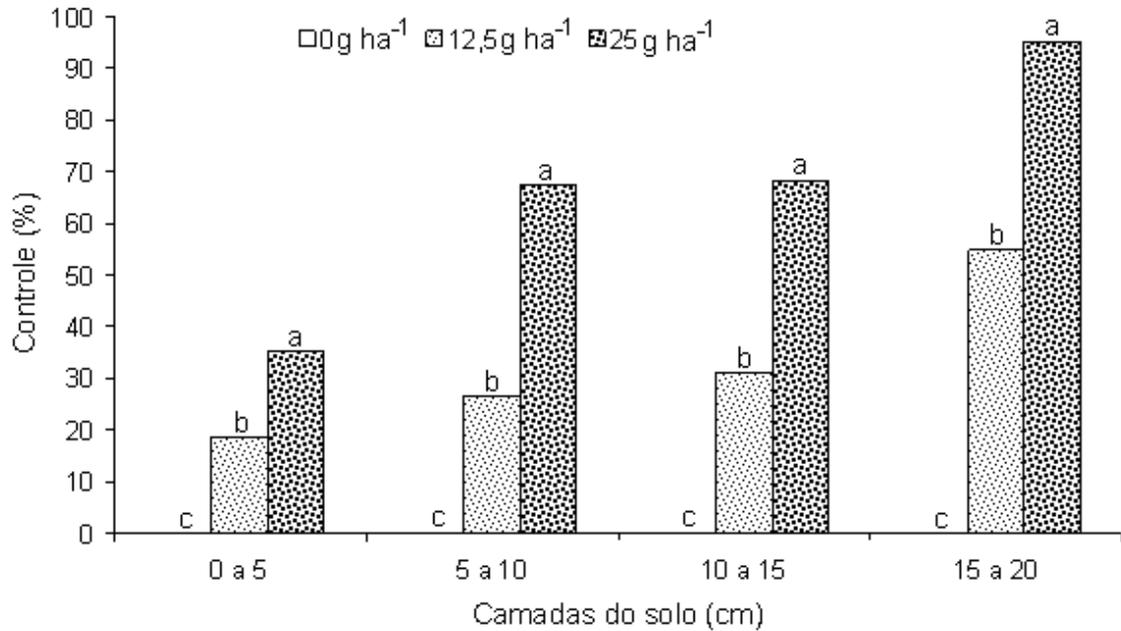
Outra análise interessante é que sempre que o teor de carbono orgânico teve uma queda acentuada entre duas camadas, o efeito foi significativo sobre a ação do herbicida. Por exemplo, entre a camada de 0 a 5 e a camada de 5 a 10 cm, o teor de carbono decresceu de 25,94 para 22,34 g dm<sup>-3</sup> e houve diferenças significativas no controle entre essas duas camadas, para a dose de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Entre as camadas de 5 a 10 e 10 a 15 cm, o decréscimo no teor de carbono foi menor (de 22,34 para 20,75 g dm<sup>-3</sup>) e não houve diferenças significativas no controle. Por fim, a maior queda no teor de carbono ocorreu entre as camadas de 10 a 15 e 15 a 20 cm (de 20,75 para 14,36 g dm<sup>-3</sup>), o que também resultou em diferenças significativas no controle. É importante notar que o carbono orgânico deste solo decresceu de 25,94 g dm<sup>-3</sup> na camada de 0 a 5 cm para 14,36 g dm<sup>-3</sup> na camada de 15 a 20 cm, e

esta variação foi bem maior que a da argila, a qual aumentou apenas de 740 para 760 g kg<sup>-1</sup>.

Pode-se notar que o controle de *B. pilosa* é inversamente proporcional aos teores de carbono orgânico do solo, o que pode ser confirmado pela análise de correlação, que mostra um índice negativo entre controle e carbono ( $r=-0,90$ ). Para a argila, não se pode observar o mesmo resultado, pois a correlação foi positiva ( $r=0,81$ ). No entanto, assim como no experimento 1, não se pode afirmar que o controle aumenta com o aumento dos teores de argila. Por outro lado, isto reforça a matéria orgânica como o fator mais relevante na inativação do herbicida, tanto pela sorção quanto pela degradação biológica do mesmo. Walker et al. (1992) já mencionaram que a degradação microbiológica é o principal mecanismo de decomposição dos herbicidas e são esperados incrementos na sua dissipação quando ocorre aumento do teor de matéria orgânica do solo.

Assim como no experimento anterior, os níveis de cálcio e magnésio diminuem com o aumento da profundidade do solo. Onde a queda foi mais acentuada, houve diferenças significativas de controle entre as camadas. Porém, a queda nos níveis de cálcio e magnésio sempre aparece associada à diminuição da soma de bases trocáveis, da CTC e dos teores de carbono orgânico do solo. Apesar do cálcio e o magnésio ocuparem sítios de ligação dos colóides do solo e promoverem um elo entre eles e o flumioxazin (Lima et al., 1999), o aumento de controle deve estar associado à diminuição do carbono orgânico. Mesmo que os níveis desses dois elementos permanecessem elevados na solução do solo, pelo fato de haver menor quantidade de colóides orgânicos, seus sítios de ligação estariam saturados e não haveria como fazer a retenção do herbicida.

A Figura 7 mostra a comparação entre as doses, dentro de cada camada do solo. Por meio dela, nota-se que o aumento da dose ocasionou elevação significativa do controle de *B. pilosa* para todas as camadas do solo. A resposta do controle ao aumento da dose indica que esta espécie é de mais difícil controle, quando comparada à *E. heterophylla*.



**Figura 7.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no acúmulo da biomassa de *B. pilosa*, em cada camada do solo, aos 28 DAS. As letras referem-se às comparações entre doses para uma mesma camada de solo. Maringá-PR, 2006. DMS: 8,99

### 4.3. Experimento 3

Neste experimento, houve diferenças significativas de controle de *E. heterophylla*, entre a camada de 0 a 5 cm e as demais, tanto para a dose de 12,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> quanto para a de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Também houve diferenças significativas entre as camadas de 5 a 10 e 15 a 20 cm, para essas duas doses (Tabela 8).

**TABELA 8.** Porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no acúmulo de biomassa de *E. heterophylla*, 28 DAS, em solo proveniente de diferentes profundidades. Maringá-PR, 2006

Camadas do solo (cm)	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	12,5	25
0 - 5	0,00a	39,44c	58,40c
5 - 10	0,00a	55,77b	82,31b
10 - 15	0,00a	62,03ab	89,62ab
15 - 20	0,00a	75,70a	98,46a

CV: 17,94% DMS (coluna): 14,19

Médias seguidas com a mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Somente não houve diferenças significativas entre a camada de 10 a 15 e 15 a 20 cm, e 5 a 10 e 10 a 15 cm, para as doses de 12,5 e de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Mesmo onde não houve diferenças significativas, pode-se notar aumento de controle de *E. heterophylla*, à medida que a profundidade aumentou, para essas duas doses.

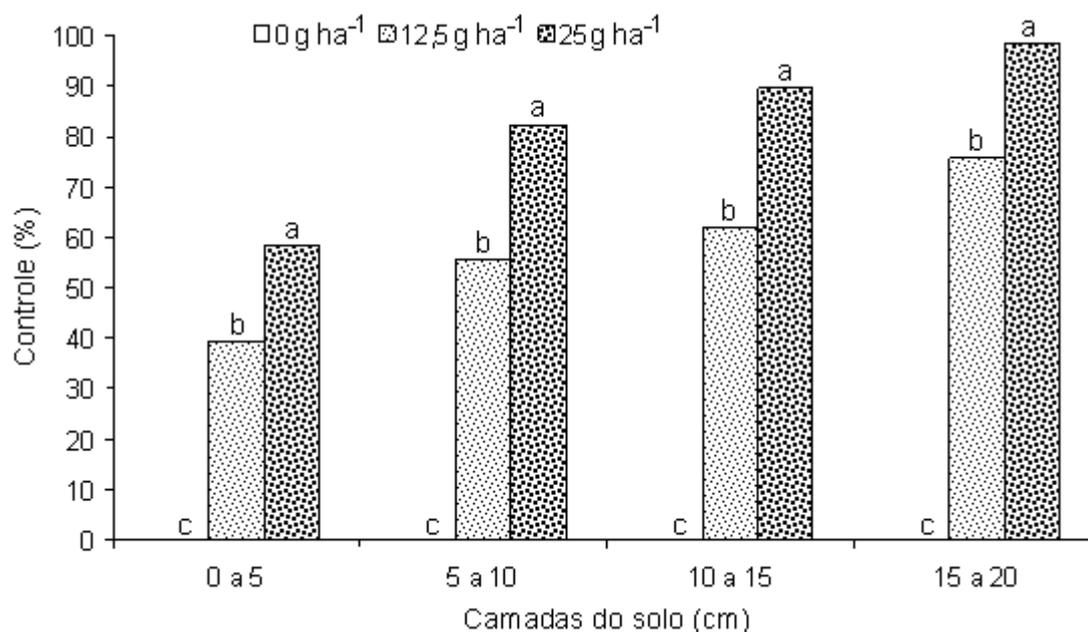
Para a dose de 12,5 g i.a. ha<sup>-1</sup>, o comportamento do flumioxazin neste experimento difere, em parte, daquele apresentado em relação ao controle de *B. pilosa*, no experimento anterior. Aqui, a variação do carbono orgânico de 25,94 para 21,15 g dm<sup>-3</sup> provocou diferenças significativas de controle da planta daninha, enquanto no experimento anterior, as diferenças só apareceram com a variação do carbono de 25,94 para 17,56 g dm<sup>-3</sup>. Isto pode ser atribuído à maior sensibilidade de *E. heterophylla* à molécula, conforme foi comentado no experimento 1.

Porém, nem sempre que o teor de carbono orgânico decresceu de uma camada para outra, ainda que bruscamente, pode-se notar diferenças significativas no controle. Por exemplo, quando o teor de carbono decresceu de 20,75 g dm<sup>-3</sup>, na camada de 10 a 15 cm, para 14,36 g dm<sup>-3</sup>, na camada de 15 a 20 cm, não houve diferenças significativas de controle entre elas, para as doses de 12,5 e de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Diferenças significativas resultaram da queda no teor de carbono, entre as camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm.

O solo utilizado neste experimento foi o mesmo do experimento 2. Também houve aumento de controle com a diminuição do carbono orgânico, que passou de 25,94 g dm<sup>-3</sup> na camada de 0 a 5 cm para 14,36 g dm<sup>-3</sup> na camada de 15 a 20 cm. A argila que se apresentava com 740 g kg<sup>-1</sup> passou para 760 g kg<sup>-1</sup>, ou seja, teve um acréscimo pequeno, e influenciou pouco a dinâmica do flumioxazin.

A análise de correlação entre os níveis de carbono orgânico e o controle mostra valores negativos, ou seja, quanto menor o nível de carbono, maior o controle. A análise demonstrou não haver correlação entre o teor de argila e o controle, provavelmente em função da pequena variação nos teores de argila.

O controle aumenta com o aumento da dose do flumioxazin, para todas as camadas de solo (Figura 8).



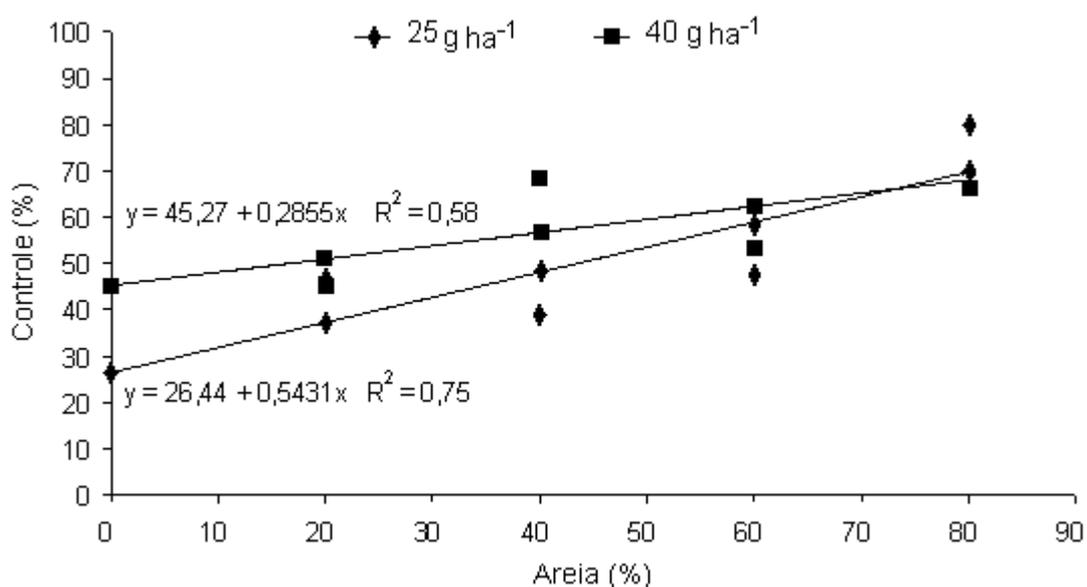
**Figura 8.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no acúmulo da biomassa de *E. heterophylla*, em cada camada do solo, aos 28 DAS. As letras referem-se às comparações entre doses para uma mesma camada de solo. Maringá-PR, 2006. DMS: 12,89

Com o objetivo de demonstrar que a interferência da matéria orgânica do solo sobre a dinâmica do flumioxazin foi maior do que a interferência da argila, foi realizada análise conjunta de correlação entre o controle e diversas características do solo, para os três experimentos. O controle se mostrou inversamente proporcional aos níveis de carbono orgânico ( $r=-0,72$ ), de cálcio ( $r=-0,77$ ) e de CTC ( $r=-0,70$ ). A CTC e o cálcio são componentes dependentes das cargas, que, por sua vez, são provenientes da argila e do carbono orgânico (CO). Como a variação dos teores de carbono orgânico foi bem maior do que a variação dos teores de argila, pode-se depreender que o carbono desempenhou papel mais importante sobre a dinâmica do herbicida. Nestes experimentos, o pH não se correlacionou com a atividade do flumioxazin.

De modo geral, o controle de *B. pilosa* e *H. heterophylla* pode ser modelado em função do teor de carbono da camada de solo em questão, por meio da equação  $y=104,03-3,077(\text{CO})$ , com elevado grau de ajuste ( $r^2=0,81$ ). Por outro lado, o acréscimo do teor de argila ao modelo [ $y=1175,4-10,32(\text{CO})-13,02(\text{argila})$ ] melhora a capacidade de predição do mesmo ( $r^2=0,97$ ). Isto indica que embora o carbono orgânico pareça ser o fator preponderante na atividade do flumioxazin, há alguma influência do teor de argila sobre ela.

#### 4.4. Experimento 4

Na Figura 9 estão apresentados os percentuais de controle de *B. pilosa*, com base no acúmulo de biomassa, para as doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>, os quais apresentaram modelos de regressão significativos. Para ambas as doses, as respostas em termos de controle foram lineares e crescentes com o aumento nos percentuais de areia do solo, e, por conseqüência, na redução nos teores de argila do mesmo.



**Figura 9.** Relação entre o percentual de controle de *B. pilosa* e os teores de areia adicionados ao solo, para as doses de 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no acúmulo de biomassa aos 28 DAS. Maringá-PR, 2006.

Porém, a Tabela 3 mostra que não somente a argila teve uma queda brusca no perfil, quando se compara o solo sem adição de areia com aquele em que foram adicionados 80% de areia. Apesar de ter ocorrido um decréscimo no teor de argila, de 700 para 150 g kg<sup>-1</sup>, também houve decréscimo no teor de carbono orgânico, de 25,94 para 6,78 g dm<sup>-3</sup>, na CTC, de 13,78 para 5,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, no cálcio e magnésio. Inclusive há uma proporcionalidade no decréscimo da argila e do carbono. Conseqüentemente, pelo fato da variação da argila ter sido ampla, ela exerceu influência na dinâmica do herbicida, tanto quanto o carbono orgânico. O controle aumentou com a queda do teores de ambos.

Para Li et al. (2003), a matéria orgânica e as argilas minerais são geralmente considerados os dois mais importantes componentes do solo na retenção de pesticidas, mas o potencial de sorção desses colóides tem sido estimado individualmente. Todavia, no solo ambos ocorrem juntos e a influência da matéria orgânica nas propriedades sortivas das argilas minerais ainda é pouco conhecida. No caso deste experimento, a variação do carbono orgânico poderia estar provocando alterações na atividade das argilas.

A influência dos teores de argila sobre a dinâmica do flumioxazin pode encontrar respaldo no trabalho de Ferrell e Vencill (2003), os quais verificaram que os maiores teores de argila provocaram maior adsorção desse herbicida, disponibilizando menos produto para ser degradado por microrganismos.

Entretanto, Ferrell et al. (2005) verificaram grande troca aniônica entre o flumioxazin e resina. Após terem sido realizados testes com o intuito de elucidar o porquê dessas trocas aniônicas serem maiores, concluíram que existe uma região de densa eletronegatividade numa parte da molécula de flumioxazin, que explicaria sua grande sorção por sítios superficiais positivamente carregados. Porém, a adição de areia ao solo acarretou redução brusca não só dos teores de argila e de carbono orgânico do solo, mas também da sua soma de bases e CTC. Com isso, era de se esperar que houvesse retenção do herbicida por trocas aniônicas, o que não se tornou evidente.

A Tabela 9 mostra que onde não foi adicionada areia ao solo, em que há elevados teores de argila e de carbono orgânico, a eficácia do flumioxazin foi tão baixa que não houve diferenças significativas entre as doses zero e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Onde foi adicionada qualquer porcentagem de areia, houve diferenças significativas entre a dose zero e a de 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Nota-se que a diminuição dos teores de argila e carbono orgânico do solo ocasionou elevação significativa do controle de *B. pilosa* para qualquer porcentagem de areia adicionada, quando se comparam as doses zero e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>. A resposta do controle à diminuição de argila e carbono orgânico fortalece a expectativa de que esta espécie é de mais difícil controle, quando comparada à *E. heterophylla*.

**TABELA 9.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no acúmulo da biomassa de *B. pilosa*, em um solo com diferentes teores de areia, aos 28 DAS. Maringá-PR, 2006

Porcentagem de areia adicionada ao solo (%)	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	25	40
0	0,00B	26,44AB	45,11A
20	0,00B	46,95A	46,60A
40	0,00C	39,00B	68,15A
60	0,00B	48,37A	53,26A
80	0,00B	80,04A	70,33A
CV: 50,08%	DMS (Linha): 26,68		

Médias seguidas com a mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Entre as doses de 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> só houve diferenças significativas quando adicionaram-se 40% de areia ao solo. Entre a dose zero e a de 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> houve diferenças significativas para qualquer porcentagem de areia adicionada.

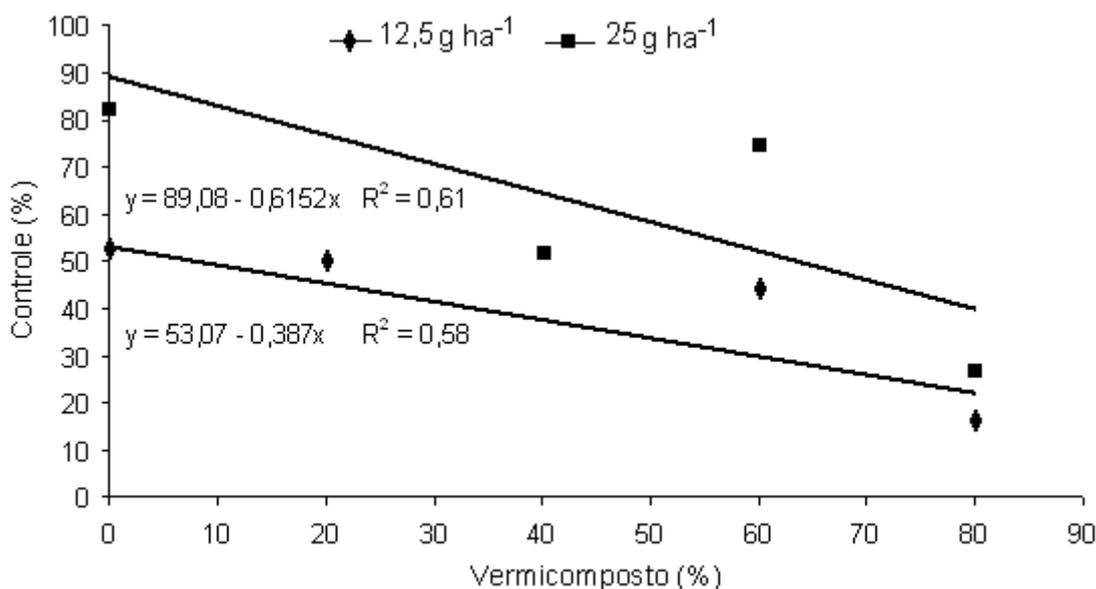
Neste caso, devem estar influenciando a ação do herbicida tanto a argila como a matéria orgânica, pois as análises de correlação mostraram que tanto a redução nos níveis de carbono, quanto de argila, resultaram em aumento de controle.

#### 4.5. Experimento 5

Na Figura 10 estão apresentados os percentuais de controle de *E. heterophylla*, com base no acúmulo de biomassa, para as doses 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para os quais foram ajustados modelos de regressão. As respostas, em termos de percentuais de controle, foram lineares e decrescentes com o aumento nos percentuais de vermicomposto adicionado ao solo, para ambas as doses.

A influência dos teores de matéria orgânica sobre o comportamento dos herbicidas encontra embasamento em diversos trabalhos, como os de Peter e Weber (1985), Moreira et al. (1995), Freitas et al. (1999) e Ferri et al. (2005), os quais têm demonstrado que a fração orgânica do solo desempenha um importante papel na adsorção dos herbicidas, em função da sua elevada capacidade de troca catiônica, em função da presença dos grupos funcionais carboxílicos, fenólicos e amínicos existentes na superfície desses colóides.

Ferri et al. (2005), por exemplo, concluíram que a adição de compostos orgânicos a um solo proporcionou aumento na adsorção do metribuzin.



**Figura 10.** Relação entre a porcentagem de controle de *E. heterophylla* e os teores de vermicomposto adicionados ao solo, para as doses de 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no número de plantas por vaso aos 28 DAS. Maringá-PR, 2006.

Walker et al. (1992) constataram que a degradação microbiológica dos herbicidas é o principal mecanismo de decomposição e, desta forma, de redução da persistência dos herbicidas no solo. Para eles, incrementos na dissipação são normalmente esperados com o aumento do teor de matéria orgânica, aeração, umidade e temperatura do solo. Isso ocorre porque esses fatores regulam a atividade, a biomassa e a diversidade microbiana no solo e, em função disso, as possíveis transformações biológicas dos herbicidas nele presentes.

Para Stevenson (1972), Stearman et al. (1989), Kuckuk et al. (1997) e Ferri et al. (2005), a matéria orgânica é, provavelmente, o fator individualmente mais importante, e sua pronunciada reatividade está relacionada principalmente com sua elevada área superficial específica e presença de vários grupos funcionais como carboxilas, hidroxilas e aminas, e estruturas alifáticas e aromáticas. De acordo com Procópio et al. (2002), o íon ligado aos grupos funcionais da matéria orgânica do solo apresenta grande influência na sorção dos herbicidas.

De acordo com Oliveira et al. (1998a), as moléculas de defensivos agrícolas não possuem, em sua grande maioria, cargas e são hidrofóbicas, possuindo maior afinidade pelo húmus que pelos outros constituintes do solo. De acordo com Prata et al. (2000a) e Reginato et al. (2002), a sorção da maioria dos pesticidas está estreitamente relacionada ao conteúdo de carbono orgânico do solo, principalmente para os pesticidas não-iônicos. Oliveira Jr. et al. (2001) obtiveram resultados semelhantes, pois a sorção de herbicidas não-ionizáveis ou bases fracas pelo carbono orgânico do solo foi maior que a sorção dos ácidos fracos.

Todos esses argumentos a favor da matéria orgânica como fator de imobilização ou degradação dos herbicidas no solo são importantes, pois a adição do vermicomposto acarretou brusco acréscimo nos teores de carbono orgânico do solo. Mas também houve queda acentuada nos teores de argila, conforme pode ser verificado na Tabela 4. O carbono orgânico variou de 21,95 para 39,10 g dm<sup>-3</sup>, enquanto a argila variou de 780 para 300 g dm<sup>-3</sup>.

Se o fator mais importante na imobilização do flumioxazin fosse a argila, o controle deveria ter aumentado à medida que o teor de argila diminuiu. Ao contrário, houve diminuição no controle, desde a camada superficial até a camada mais profunda (Tabela 10).

**TABELA 10.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no número de plantas de *E. heterophylla*, em um solo com diferentes teores de vermicomposto, aos 28 DAS. Maringá-PR, 2006

Porcentagem adicionada de vermicomposto (%)	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	12,5	25
0	0,00C	52,17B	82,61A
20	0,00C	50,00B	86,17A
40	0,00B	25,07B	52,11A
60	0,00C	44,44B	74,60A
80	0,00B	16,25AB	26,88A

CV: 49,33%

DMS (Linha): 25,58

Médias seguidas com a mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Especificamente para o flumioxazin, assim como Oliveira et al. (1998a) constataram que solos com maiores teores de carbono orgânico reduziram sua atividade, aqui fica bem evidenciado tal fato, inclusive pela análise de correlação.

Através de uma análise conjunta dos experimento 4 e 5, ficou claro no experimento 5 que o carbono orgânico é o fator mais importante sobre a ação do herbicida. Isto pôde ser constatado a partir do momento em que a adição de porcentagens crescentes de vermicomposto ao solo levou ao aumento dos teores de carbono e diminuição dos teores de argila, e o controle diminuiu. Se a argila fosse o principal fator de retenção do flumioxazin, o controle deveria ter aumentado, pois o herbicida teria ficado livre para ser absorvido.

No experimento 4, houve intensa variação tanto de carbono quanto de argila com a adição de areia ao solo. Com isso, a definição sobre qual fator estaria interferindo na dinâmica do flumioxazin tornou-se difícil. Contudo, mesmo se argila for considerada como o fator mais importante sobre a dinâmica do herbicida, quando se comparam os coeficientes angulares das retas de regressão linear do experimento 4 com os coeficientes angulares das retas do experimento 5, pode-se notar que estes últimos são maiores. Com isso, quando se compara a ação do carbono orgânico com a ação da argila sobre o flumioxazin, verifica-se que a ação do carbono é mais expressiva.

Esta análise também fornece subsídios para o entendimento do porquê o carbono orgânico é o fator mais importante sobre a dinâmica do flumioxazin nos experimentos 1, 2 e 3. Naqueles experimentos a variação dos teores de argila foi pequena. Quando a variação da argila é maior, como a que ocorreu no experimento 4, ela pode ser o fator de interferência sobre o herbicida. Porém, mesmo que seja, a análise dos coeficientes angulares das retas de regressão dos experimentos 4 e 5 mostraram que o carbono orgânico é o mais importante.

#### **4.6. Experimento 6**

Os dados da Tabela 11 mostram que qualquer nível de palha sobre o solo, igual ou acima de  $2 \text{ t ha}^{-1}$ , provocou interferência na atividade do flumioxazin no solo. Ocorreram diferenças significativas de controle entre o nível zero de palha e os demais, para as doses 25 e  $40 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ . Mas quando comparados os níveis 2, 4, 6, 8 e  $10 \text{ t ha}^{-1}$  entre si, não foram verificadas diferenças significativas para nenhuma das doses.

**TABELA 11.** Porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses de 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, com base no número de plantas (*E. heterophylla*) por vaso, em um solo com diferentes níveis de palha, aos 21 DAS. Maringá-PR, 2006

Níveis de palha (t ha <sup>-1</sup> )	Dose de Flumioxazin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )		
	0	25	40
0	0,00a	75,51a	86,74a
2	0,00a	2,71b	10,00b
4	0,00a	8,71b	8,71b
6	0,00a	9,57b	7,39b
8	0,00a	5,78b	3,86b
10	0,00a	6,27b	5,54b

CV: 59,40%      DMS (Coluna): 14,14

Médias seguidas com a mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Estes resultados estão de acordo com Ferri e Vidal (2003a), que relataram a reduzida eficácia de herbicidas cloroacetamidas, em semeadura direta, provavelmente em decorrência da adsorção à palha. Corrêa (2005) afirma que é consenso, entre os técnicos que trabalham com controle químico de plantas daninhas em cana-de-açúcar, que os herbicidas tradicionais de pré-emergência não conseguem atravessar a camada de palha deixada pela cultura e atingir o solo. Os resultados de Fornarolli et al. (1998) sobre a mistura atrazine e metolachlor, que fica retida quando tem sua aplicação feita em plantio direto, também corroboram os resultados obtidos neste experimento.

No entanto, alguns herbicidas são mais retidos que outros pelas coberturas mortas e isso pode ocorrer em função de vários fatores. Um deles é a solubilidade do herbicida em água. Streck e Weber (1982) e Rodrigues et al. (2000c) estudaram o comportamento de herbicidas na presença de palha e verificaram que a interceptação dos mesmos é inversamente proporcional à solubilidade. No caso do flumioxazin, sua solubilidade em água é baixa (1,79 mg L<sup>-1</sup> a 25°C) e isso pode ter colaborado para sua retenção pela cobertura com palha.

Outro importante fator que se relaciona com a retenção de herbicidas é a quantidade e as origens das coberturas mortas. Fornarolli et al. (1998) verificaram que houve retenção de atrazine próxima a 85%, para os níveis 4,5 e 9,0 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia. Velini e Negrisoni (2000) verificaram que 1 t ha<sup>-1</sup> de palha promoveu a interceptação de 64,5% da calda de pulverização; com 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> as porcentagens de interceptação da calda pela palha foram de 99,4

e 99,5%, respectivamente. Cavenaghi et al. (2002) observaram que praticamente todo o sulfentrazone foi retido quando os níveis de palha de cana-de-açúcar e de aveia foram superiores a  $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ . Para o flumioxazin, qualquer nível de palha de aveia-preta acima de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  provocou sua interceptação.

A intensidade e épocas de ocorrência de chuvas após uma aplicação de herbicidas também podem afetar sua dinâmica. Muitas vezes, mesmo sem chuva ocorre uma ação satisfatória do herbicida, pois Costa et. al. (2004) estudaram o controle de quatro espécies de plantas daninhas e concluíram que houve excelente nível de controle para todas elas, o que indica que os herbicidas foram absorvidos pelas plantas daninhas em questão, diretamente da palha, mesmo sem a ocorrência de chuvas.

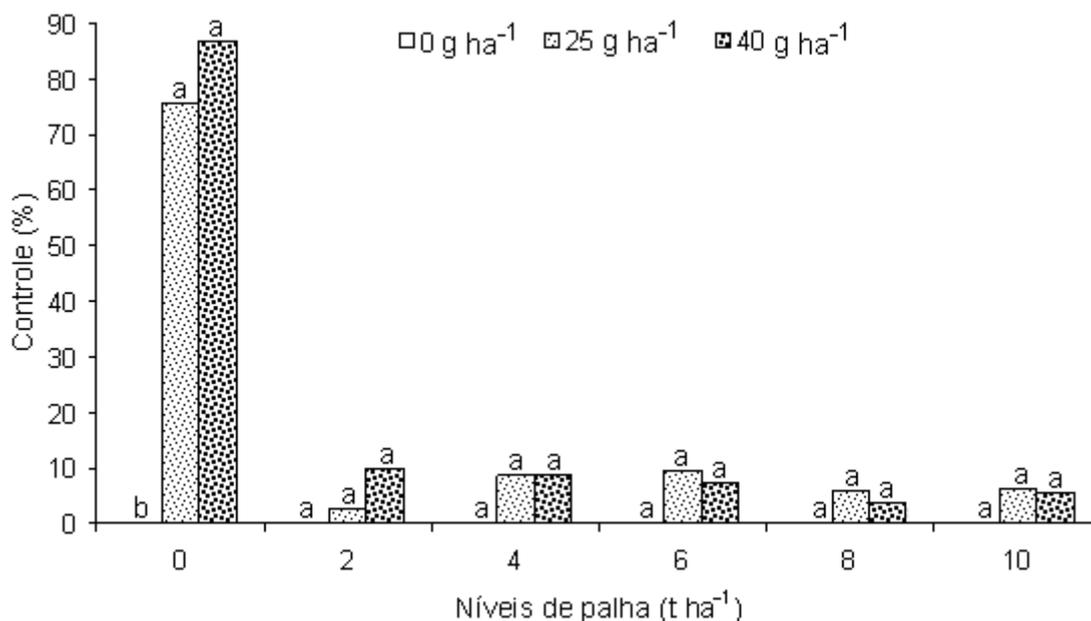
Banks e Robinson (1982) e Rodrigues et al. (1998) trabalharam com vários níveis de coberturas no solo, variaram tanto a lâmina de irrigação quanto o intervalo de tempo entre a irrigação e a aplicação dos herbicidas e concluíram que esses fatores interferem na dinâmica de alguns herbicidas.

Porém, Cavenaghi et al. (2002) trabalharam com  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de palha de aveia, diferentes lâminas de chuva, um dia após a aplicação de sulfentrazone, e relataram que a lixiviação do herbicida da palhada de aveia atingiu 94%, para a quantidade máxima de 65 mm de chuva. Rodrigues et al. (2000c) trabalharam com imazaquin, em plantio direto, com diferentes níveis de palha de aveia-preta e verificaram que praticamente todo o herbicida foi lixiviado da palha para o solo, após a irrigação. Tofoli (2004) também trabalhou com simulação de chuva na palha, após a aplicação do herbicida tebuthiuron, e concluiu que a cobertura morta não impediu a chegada do herbicida ao solo. No caso do flumioxazin, mesmo sendo utilizada uma lâmina de 25 mm de irrigação, logo após sua aplicação, a quantidade do produto que atingiu o solo não foi a mesma, quando comparada com a testemunha sem palha.

O  $K_{ow}$  tem sido utilizado como medida da interação entre herbicidas e material orgânico, nesse caso a palha, por ser uma medida da lipofilicidade das moléculas (Oliveira et al., 2001). Para Lavorenti et al. (2003), herbicidas lipofílicos, com valores de  $\log K_{ow}$  elevados (maiores que 4,0), tendem a se acumular nos materiais lipídicos. Por outro lado, herbicidas hidrofílicos, com valores de  $\log K_{ow}$  baixos (menores que 1,0), apresentam baixa sorção aos sedimentos lipídicos do solo. O glyphosate, de acordo com Monquero et al.

(2001), apresenta um coeficiente de partição octanol-água considerado baixo ( $\log K_{ow} = -4,1$ ), o que indica pouca afinidade por lipídios. Quanto ao flumioxazin, apresenta  $\log K_{ow} = 2,55$  a  $20^{\circ}\text{C}$ , portanto um valor próximo daquele necessário para que um herbicida possa ser considerado lipofílico, o que parece ter sido suficiente para sua sorção à palha.

A Figura 11 mostra que houve diferenças significativas entre a dose zero de flumioxazin e as demais, apenas onde não havia palha.



**Figura 11.** Porcentagens de controle para as doses de flumioxazin, com base no número de planta de *E. heterophylla*, em cada camada do solo, aos 21 DAS. As letras referem-se às comparações entre doses para uma mesma camada de solo. Maringá-PR, 2006. DMS: 11,56

O fato de não ter havido diferenças significativas de controle entre as doses, para nenhum dos níveis de palha, e ter havido controle maior ou igual a 75,51% para ambas as doses (25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup>) na ausência de palha sugere que a maior parte do herbicida, quando aplicado sobre a palha, deva ter ficado retido. A retenção física do herbicida pela palha impede o contato direto do produto com o solo e, por consequência, com as sementes em fase de germinação, pois o flumioxazin é absorvido principalmente pelo hipocótilo, epicótilo ou coleótilo das plântulas (Vidal, 1997). Além disso, face à não incorporação ao solo, o herbicida fica mais exposto a processos como a volatilização, apesar da pressão de vapor do flumioxazin ser baixa ( $2,41 \times 10^{-6}$  a  $22^{\circ}\text{C}$ ), e a fotodecomposição, pois é medianamente fotodecomposto.

## 5. CONCLUSÕES

Concluiu-se que para os experimentos 1, 2 e 3, a variação do carbono orgânico teve maior influência na atividade do flumioxazin sobre *B. pilosa* e *H. heterophylla* do que a variação de argila.

Para o experimento 4, apesar da atividade do flumioxazin ter sido influenciada tanto da variação do carbono orgânico quanto da argila, concluiu-se que a variação do carbono orgânico foi mais importante.

Para o experimento 5, a variação do carbono orgânico também teve maior influência na atividade do flumioxazin sobre *H. heterophylla* do que a variação de argila.

Para o experimento 6, concluiu-se que qualquer nível de palha sobre o solo, acima de  $2 \text{ t ha}^{-1}$ , provocou acentuada redução na atividade biológica do flumioxazin.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p.
- ALMEIDA, F.S. Herbicidas residuais em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.4, p.596-601, 1992.
- ARTUZI, J.P.; CONTIERO, R.L. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.7, p.1119-1123, 2006.
- Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. **Evaluation of the new active flumioxazin in the product pledge 500 WG herbicide**. Canberra: APVMA, 2003.
- BANKS, P.A.; ROBINSON, E.L. The fate of oryzalin applied to straw-mulched and nonmulched soils. **Weed Science**, v.34, p.607-611, 1984.
- BANZATO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.
- BARROS, A.C.; MONTEIRO, P.M.F.O.; FURTADO, X.C.F.; NUNES JR., J.; GUERZONI, R.A. Tolerância de cultivares de soja aos herbicidas imazaquin, diclosulan e sulfentrazone, aplicados em solo de textura arenosa. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, n.1, p.1-8, 2005.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The Nature and Properties of Soils**. 13. ed. New York: Prentice Hall, 2002. 960p.
- BUZETTI, W.J.S.; SANTOS, A.C. Diclosulan (DE-564) aplicado em pré-emergência no solo com diferentes quantidades de palha de aveia na superfície no controle de plantas daninhas em soja. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999, p.419.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para a fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. cap.13, p.213-224.

CARVALHO, F.T.; CAVAZZANA, M.A. Eficácia de herbicidas no manejo de plantas daninhas para o plantio direto da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.167-172, 2000.

CARVALHO, F.T.; PEREIRA, F.A.R.; PERUCHI, M.; PALAZZO, R.R.B. Manejo químico das plantas daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* em sistema de plantio direto da cultura da soja. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.145-150, 2002.

CAVENAGHI, A.L.; TOFOLI, G.R.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; COSTA, A.G.F. Dinâmica de sulfentrazone em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002, p.162.

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2. ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2004. 100 p.

CONSTANTIN, J.; MACIEL, C.D.G.; OLIVEIRA JR., R.S. Sistemas de manejo de plantio direto e sua influência sobre herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.3, p.233-242, 2000.

CONTIERO, R.L.; CONSTANTIN, J. Eficiência do herbicida flumioxazin, em mistura com glyphosate, no manejo de plantas daninhas em plantio direto na cultura da soja. **Varia Scientia**, n.2, p.131-147, 2001.

CORDEIRO, L.A.M.; REIS, M.S.; AGNES, E.L.; CECON, P.R. Efeito do plantio direto no controle de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e outras plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.5, n.1, p.1-9, 2006.

CORRÊA, T.M. **Dinâmica e eficácia de trifloxysulfuron sodium + ametryn aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*)**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2005. 102 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

COSTA, A.G.F.; MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D.; IKEDA, F.S. Dinâmica de transposição de herbicida através de palha de aveia-preta utilizando diferentes pontas de pulverização. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.561-566, 2004.

DAO, T.H. Field decay of wheat straw and its effects on metribuzin and s-ethyl metribuzin sorption and elution from crop residues. **Journal of Environmental Quality**, v.20, p.203-208, 1991.

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1993. p.141-176.

DUKE, S.O.; LYDON, J.; BECERRIL, J.M.; SHERMAN, T.D.; LEHNEN JR., L.P.; MATSUMOTO, H. Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.39, p.465-473, 1991.

DURIGAN, J.C.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, G.J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.127-135, 2004.

ESSER, H.O. A review of the correlation between physicochemical properties and bioaccumulation. **Pesticide Management Science**, v.17, p.265-276, 1986.

FARENHORST, A. Importance of soil organic matter fractions in soil-landscape and regional assessments of pesticide sorption and leaching in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, n.3, p.1005-1012, 2006.

FERREIRA, C.R.R.P.T.; VEGRO, C.L.R. Defensivos Agrícolas: mantêm-se cenário de declínio nas vendas em 2006. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.1,n.7, 2006.

FERREL, J.A.; VENCILL, W.K. Flumioxazin soil persistence and mineralization in laboratory experiments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.16, p.4719-4721, 2003.

FERREL, J.A.; VENCILL, W.K.; XIA, K.; GREY, T.L. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science**, v. 61, n.1, p. 40-46, 2005.

FERRI, M.V.W.; RIZZARDI, M.A. Destino dos herbicidas no ambiente. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. 1.ed. Porto Alegre: Evangraf, p.87-99, 2001.

FERRI, M.V.W.; VIDAL, R.A. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas convencional e de semeadura direta. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.131-136, 2003a.

FERRI, M.V.W.; VIDAL, R.A. Persistência do herbicida Acetochlor em função de sistemas de preparo e cobertura com palha. **Ciência Rural**, v.33, n.3, 2003b.

FERRI, M.V.W.; VIDAL, R.A. Eficácia do herbicida acetochlor na semeadura direta e convencional com ou sem palha e os efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.351-356, 2004.

FERRI, M.V.W.; GOMES, J.; DICK, D.P.; SOUZA, R.F.; VIDAL, R.A. Sorção do herbicida acetochlor em amostras de solo, ácidos húmicos e huminas de argissolo submetido à semeadura direta e ao preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.705-714, 2005.

FOLONI, L.L. Impacto ambiental do uso de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Londrina: SBCPD, 2000, p.49-91.

FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A.; SPOSITO G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.627-646, 2001.

FORNAROLLI, D.A.; RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; VALÉRIO, M.A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. **Planta Daninha**, v.16, n.2, p.97-107, 1998.

FREITAS, P.F.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; SEDIYAMA, C.S. Efeitos de dejetos de suínos na forma líquida e de composto orgânico na atividade do metribuzin. **Planta Daninha**, v.17, n.1, 1999.

GALLAGHER, R.S.; CARDINA, J.; LOUX, M. Integration of cover crops with postemergence herbicides in no-till corn and soybean. **Weed Science**, v.51, p.995-1001, 2003.

GUILHERME, L.R.G.; SILVA, M.L.N.; LIMA, J.M.; RIGINATO, R.L.O. Contaminação da microbacia hidrográfica pelo uso de pesticidas. **Informe Agropecuário**, n.21, p.40-50, 2000.

HUANG, M.Z.; HUANG, K.L.; REN, Y.G.; LEI, M.X.; HUANG, L.; HOU, Z.K.; LIU, A.P.; OU, X.M. Synthesis and herbicidal activity of 2-(7-fluoro-3-oxo-3,4-dihydro-2H-benzo[b][1,4]oxazin-6-yl)isoindoline-1,3-diones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.20, p.7908-7914, 2005.

INOUE, M.H.; MARCHIORI JR., O.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; TORMENA, C. A. Calagem e o potencial de lixiviação de imazaquin em colunas de solo. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.125-132, 2002.

KRAHENBUHL, F.M.; NASSER, L.C.B.; SANTOS, R.V.; MACALADY, D. Adsorção de atrazina, desetilatrazina e hidroxiatrazina em latossolo vermelho escuro sob cerrado e sob plantio direto no distrito federal. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, n.2, p.62-76, 2005.

KUCHUK, R.; HILL, W.; NOLTE, J.; DAVIES, A.N. Preliminary investigations into the interactions of herbicides with aqueous humic substances. **Pesticide Science**, v.51, p.430-454, 1997.

LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no meio ambiente. In: Workshop sobre biodegradação. Campinas, 1996. **Anais...** Jaguariúna: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996, p.81-115.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGINATO, J.B. Comportamento de pesticidas em solos – fundamentos. **Tópicos de Ciencia do Solo**, v.3, p.335-400, 2003.

LI, H.; SHENG, G.; TEPPEN, B.J.; JOHNSTON, C.T.; BOYD, S.A. Sorption and desorption of pesticides by clay minerals and humic acid-clay complexes. **Soil Science Society of America Journal**, v.67, n.1, p.122–131, 2003.

LIMA, R.O.; OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; MAGALHÃES, J.V. Comportamento do herbicida flumioxazin em solo com diferentes doses de calcário. **Revista Ceres**, v.46, n.268, p.607-614, 1999.

LOUX, M.M.; LIEBL, R.A.; SLIFE, F.W. Availability and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in soil. **Weed Science**, v.37, n.1, p.259-267, 1989.

MACIEL, C.D.G. **Simulação do caminhamento de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhadas utilizadas no sistema de plantio direto**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2001. 89 p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

MACIEL, C.D.G.; CONSTANTIN, J. Misturas de flumioxazin com glyphosate e sulfosate para o manejo de plantas daninhas em citros. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.3, n.2/3, p.109-116, 2002.

MACIEL, C. D. C.; CORRÊA, M. R.; ALVES, E.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O.; BOARO, C.S.F. Influência do manejo da palhada de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o desenvolvimento inicial de soja (*Glycine max*) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*). **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.365-373, 2003.

MACIEL, C.D.C.; VELINI, E.D. Simulação do caminamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.471-481, 2005.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS, C.C.; SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.17, p.151-61, 1999.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1149-1159, 2003.

MEROTTO JR., A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores de Protox. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. 1.ed. Porto Alegre: Evangraf, p.69-85, 2001.

MESCHEDE, D.K.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C.A. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.239-246, 2004.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

MONTGOMERY, J.H. **Agrochemicals, desk reference**. 2.ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1997. 656p.

MOREIRA, A.; SIQUEIRA, S.C.; SILVA, A.A. Adsorvidade do herbicida “zeta” em solos de variadas texturas. **Scientia Agrícola**, v.52, n.3, p.502-508, 1995.

NEGRISOLI, E. **Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2005. 110p. (Tese – Doutorado em Agronomia).

OLIVEIRA JR., R.S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 83p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).

OLIVEIRA JR., R.S. Conceitos importantes no estudo do comportamento de herbicidas no solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.2, p. 9-13, 2002.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.207-255.

OLIVEIRA JR., R.S.; KOSKINEN, W.C.; FERREIRA, F.A. Sorption and leaching potential of herbicides on Brazilian soils. **Weed Research**, v.41, p.97-110, 2001.

OLIVEIRA, M.F. **Atividade dos herbicidas flumioxazin e metribuzin em diferentes solos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 71p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; MAGALHÃES, J.G. Atividade dos herbicidas flumioxazin e metribuzin em diferentes solos. **Planta Daninha**, v.16, n.1, p.37-43, 1998a.

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; NEVES, J.C.L. Influência do tamanho do agregado e do nível de umidade do solo na atividade do flumioxazin. **Revista Ceres**, v.45, n.257, p.81-87, 1998b.

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; NEVES, J.C.L. Atividade do flumioxazin e metribuzin em dois tipos de solos em diferentes períodos de seca. **Revista Ceres**, v.45, n.258, p.117-124, 1998c.

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; RUIZ, H.A. Lixiviação de flumioxazin e metribuzin em dois solos em condições de laboratório. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.207-214, 1999.

OLIVEIRA, M.F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.315-362.

OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C.; OLIVEIRA, A.C.; CRUZ, J.C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.37-41, 2001.

OLIVEIRA, M.F.; PRATES, H.T.; SANS, L.M.A. Sorção e hidrólise do herbicida flazasulfuron. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.101-113, 2005.

PAES, J.M.V.; ARAÚJO, S.S.; SILVA, A.A.; RUIZ, H.A.; OLIVEIRA, M.F. Mobilidade do dimethenamid em diferentes solos. **Planta Daninha**, v.17, n.1, p.31-39, 1999.

PAROCHETTI, J.V. Soil organic matter effect on activity of acetanilides, CDAA, and atrazine. **Weed Science**, v.21, n.3, p.157-160, 1973.

PEREIRA, M.H. A segunda revolução verde. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI, p.25-28, 1997. 116p.

PETER, C.J.; WEBER, J.B. Adsorption and efficacy of trifluralin and butralin as influenced by soil properties. **Weed Science**, v.33, n.6, p.861-867, 1985.

PITELLI, R.A. Dinâmica de plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1995, Florianópolis. **Palestras...** Florianópolis: SBCPD, 2000, p.5-12.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: DIAZ ROSSELLO, R. (coord.): **Siembra directa en Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, p.203-210, 2001.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGINATO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Degradação e adsorção de diuron em solos tratados com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.217-223, 2000a.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGINATO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.947-951, 2000b.

PROCÓPIO, S.O.; PIRES, F.R.; WERLANG, R.C.; SILVA, A.A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A.; MENDONÇA, E.S.; SANTOS, J.B.; EGREJA FILHO, F.B. Sorção do herbicida atrazine em complexos organominerais. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.391-400, 2001.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; PIRES, F.R. Influência da matéria orgânica do solo na atividade de herbicidas. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência do Solo**, v.27, n.2, 2002.

REGINATO, J.B.; PRATA, F.; DIAS, N.N.P.; TORNISIELO, V.L; LAVORENTI, A. Sorção-dessorção do fungicida clorotalonil em solos com diferentes teores de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.267-274, 2002.

RIGON, O. **Desenvolvimento local e meio ambiente: produção do espaço e problemas ambientais. A bacia hidrográfica do ribeirão da Morangueira. Maringá-PR (1970-2005)**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2005. 146p. (Dissertação - Mestrado em Geografia).

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos autores, 1998. 648 p.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; FORNAROLLI, D.A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida trifluralin. **Planta Daninha**, v.16, n.2, p.163-173, 1998.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; FORNAROLLI, D.A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.445-458, 1999.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U.; ULBRICH, A.V.; FORNAROLLI, D.A. Influência da cobertura morta na retenção do imazaquin em plantio direto de soja. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.231-239, 2000.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U. Retenção pela palhada, de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do milho, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.123-128, 2000.

RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; YADA, I.F.U. Retenção pela palhada de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da soja, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, p.67-72, 2000c.

ROSSI, C.V.S; SALGADO, T.P.; ALVES, P.L.C.A.; MARQUES JR., J. mobilidade do sulfentrazone no perfil de classes de solos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, n.1, p.65-77, 2005.

SALTON, J.C. O plantio direto no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO NOS TRÓPICOS SUL-AMERICANOS, 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1.,2001. p.13-15.

SANYAL, D.; KULSHRESTHA, G. Effects of repeated metolachlor applications on its persistence in field soil and degradation kinetics in mixed microbial cultures. **Biology of Fertile Soils**, v.30, p.124-131, 1999.

SILVA, J.F.; SILVA, J.F.; SILVA, A.A. **Comportamento dos herbicidas no solo**. In: Curso de especialização por tutoria a distância. Brasília: ABEAS, p.155-185, 1996.

SILVA, J.R.V.; COSTA, N.V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.375-380, 2003.

SOUZA, A.P.; FERREIRA, F.A.; SILVA, A.A.; RUIZ, H.A.; PRATES, H.T. Lixiviação de glyphosate e imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química. I – método do bioensaio. **Planta Daninha**, v.18, n.1, p.5-16, 2000.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford, 1989. 277p.

STEARMAN, G.K.; LEWIS, R.J.; TORTEROLLI, L.J.; TYLER, D.D. Herbicides reactivity of soil organic matter fractions in no-tilled cotton. **Soil Science Society of America Journal**, v.53, p.1690-1694, 1989.

STEVENSON, F.J. Organic matter reactions involving pesticides in soil. **Journal of Environmental Quality**, v.1, n.4, p.333-343, 1972.

STEVENSON, F.J. **Organic matter reactions involving pesticides in soil.** In: Humus chemistry, genesis, composition, reactions. New York: Intercience, 1982. p.428-430.

STRECK, H.J.; WEBER, J.B. Alachlor (LASSO) and metolachlor (DUAL) comparisons in conventional and reduced tillage systems. **Proceedings South Weed Science Society**, v.34, p.33-40, 1982.

TIMOSSI, P.C. **Manejo de plantas de cobertura e controle integrado de plantas daninhas no plantio direto da soja.** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2005. 100p. (Tese - Doutorado em Agronomia).

TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI, A.L.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D. Interceptação de diferentes herbicidas e um traçante em palhada de aveia, cana-de-açúcar, milho e pinus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 23., 2002. p.162.

TORRES, J.L.R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG.** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2003. 108p. (Tese - Doutorado em Agronomia).

VALENTE, T.O.; CAVEZZANA, M.A. Efeito residual do chlorimuron-ethyl aplicado em mistura com glyphosate na dessecação de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.173-178, 2000.

VELINI, E.D. Comportamento de herbicida no solo. In: Simpósio nacional sobre manejo integrado de plantas daninhas em hortaliças, 1992. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1992. p.44-64.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana-crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Londrina: SBCPD, 2000. p.148-164.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165p.

VIEIRA, E.M.; PRADO, A.G.S.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE, M.O.O. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) em solo com ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, v.22, n.3, p.305-308, 1999.

WALKER, A.; MOON, Y.; WELCH, S.J. Influence of temperature, soil moisture, and soil characteristics on the persistence of alachlor. **Pesticide Science**, v.35, n.2, p.109-116, 1992.

WEBER, J.B.; WEED, S.B.; WARD, T.M. Adsorption of s-triazines by soil organic matter. **Weed Science**, v.17, p.417-421, 1969.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide handbook**. 8.ed. Champaign: 2002. p.200-202.

ZOBIOLE, L.H.S. **Efeito da compactação do solo na atividade do herbicida sulfentrazone na cultura da soja [*Glycine max* (L.) MERRILL]**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. 62p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

## **APÊNDICE**

**TABELA 1A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 1. Maringá-PR, 2005/2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
CAMADA (C)	4	322228.87	8057.22	51.93	2.59
DOSE (D)	2	81225.66	40612.83	261.77	3.21
C x D	8	16343.17	2042.90	13.17	2.16
C/D <sub>0</sub>	4	-----	-----	-----	2.59
C/D <sub>25</sub>	4	22232.50	5558.13	35.82	2.59
C/D <sub>40</sub>	4	26339.54	6584.88	42.44	2.59
D/C <sub>1</sub>	2	255.86	127.93	0.82	3.21
D/C <sub>2</sub>	2	19414.61	9707.30	62.57	3.21
D/C <sub>3</sub>	2	27586.20	13793.10	88.90	3.21
D/C <sub>4</sub>	2	28183.80	14091.90	90.83	3.21
D/C <sub>5</sub>	2	22128.36	11064.18	71.31	3.21
REPETIÇÕES	4	301.89	75.47	0.49	2.59
RESÍDUO	56	8688.23	155.15		

**TABELA 2A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 2. Maringá-PR, 2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
CAMADA (C)	3	7767,10	2589,03	75,31	2,82
DOSE (D)	2	44155,53	22077,76	642,17	3,21
C x D	6	4862,72	810,45	23,57	2,31
C/D <sub>0</sub>	3	-----	-----	-----	2,82
C/D <sub>12,5</sub>	3	3634,33	1211,44	35,24	2,82
C/D <sub>25</sub>	3	8995,49	2998,50	87,22	2,82
D/C <sub>1</sub>	2	3120,59	1560,29	45,39	3,21
D/C <sub>2</sub>	2	11477,27	5738,64	166,92	3,21
D/C <sub>3</sub>	2	11590,00	5795,00	168,56	3,21
D/C <sub>4</sub>	2	22830,40	11415,20	332,03	3,21
REPETIÇÕES	4	123,96	30,99	0,90	2,59
RESÍDUO	44	1512,72	34,38		

**TABELA 3A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 12,5 e 25 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 3. Maringá-PR, 2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
CAMADA (C)	3	5138,55	1712,85	24,30	2,82
DOSE (D)	2	71480,37	35740,18	506,94	3,21
C x D	6	2684,73	447,46	6,35	2,31
C/D <sub>0</sub>	3	-----	-----	-----	2,82
C/D <sub>12,5</sub>	3	3394,26	1131,42	16,05	2,82
C/D <sub>25</sub>	3	4429,03	1476,34	20,94	2,82
D/C <sub>1</sub>	2	8876,82	4438,41	62,96	3,21
D/C <sub>2</sub>	2	17648,27	8824,14	125,17	3,21
D/C <sub>3</sub>	2	21066,55	10553,28	149,69	3,21
D/C <sub>4</sub>	2	26573,44	13286,72	188,46	3,21
REPETIÇÕES	4	585,66	146,42	2,08	2,59
RESÍDUO	44	3102,09	70,50		

**TABELA 4A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 4. Maringá-PR, 2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
AREIA (A)	4	5539.66	1384.92	4.52	2,59
DOSE (D)	2	46717.46	23358.73	76.23	3,21
A x D	8	5152.08	644.01	2.10	2,16
A/D <sub>0</sub>	4	-----	-----	-----	2,59
A/D <sub>25</sub>	4	7866.68	1966.67	6,42	2,59
A/D <sub>40</sub>	4	2825.06	706.26	2,30	2,59
D/A <sub>0</sub>	2	5137.21	2568.61	8,38	3,21
D/A <sub>20</sub>	2	7294.55	3647.28	11,90	3,21
D/A <sub>40</sub>	2	11693.34	5846.66	19,08	3,21
D/A <sub>60</sub>	2	8666.89	4333.44	14,14	3,21
D/A <sub>80</sub>	2	19077.52	9538.75	31,13	3,21
REPETIÇÕES	4	95.57	23.89	0.07	2,59
RESÍDUO	56	17159.51	306.42		

**TABELA 5A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 5. Maringá-PR, 2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
VERM (V)	4	11024,50	2756,13	9,79	2,55
DOSE (D)	2	52440,32	26220,16	93,10	3,17
V x D	8	6446,98	805,87	2,86	2,12
V/D <sub>0</sub>	4	-----	-----	-----	2,55
V/D <sub>12,5</sub>	4	5128,94	1282,24	4,55	2,55
V/D <sub>25</sub>	4	12342,54	3085,64	10,96	2,55
D/V <sub>0</sub>	2	17455,57	8727,78	30,99	3,17
D/V <sub>20</sub>	2	18722,65	9361,33	33,24	3,17
D/A <sub>40</sub>	2	6792,92	3396,46	12,06	3,17
D/V <sub>60</sub>	2	14083,72	7041,86	25,00	3,17
D/V <sub>80</sub>	2	1832,44	916,22	3,25	3,17
REPETIÇÕES	4	2110,81	527,70	1,87	2,55
RESÍDUO	56	15772,05	281,64		

**TABELA 6A.** Resumo da análise de variância referente à porcentagem de controle em relação à dose zero proporcionada pelas doses 25 e 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> de flumioxazin, para o experimento 6. Maringá-PR, 2006

FV	GL	SQ	QM	F calc.	F tab.
PALHA (P)	5	30720,19	6144,04	105,95	2,36
DOSE (D)	2	7474,33	3737,17	64,44	3,14
P x D	10	15752,31	1575,23	27,16	1,98
P/D <sub>0</sub>	5	-----	-----	-----	2,36
P/D <sub>25</sub>	5	19928,37	3985,67	68,73	2,36
P/D <sub>40</sub>	5	26544,14	5308,83	91,55	2,36
D/P <sub>0</sub>	2	22250,88	11125,44	191,85	3,14
D/P <sub>2</sub>	2	267,51	133,76	2,31	3,14
D/P <sub>4</sub>	2	252,65	126,32	2,18	3,14
D/P <sub>6</sub>	2	251,43	125,71	2,17	3,14
D/P <sub>8</sub>	2	86,68	43,34	0,75	3,14
D/P <sub>10</sub>	2	117,50	58,75	1,01	3,14
REPETIÇÕES	4	67,41	16,85	0,29	2,52
RESÍDUO	68	3943,38	57,99		

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)