

**PERSISTÊNCIA BIOLÓGICA DE AMETRYN,
DIURON E OXYFLUORFEN EM DOIS TIPOS
DE SOLOS SOB CONDIÇÕES DE CASA-DE-
VEGETAÇÃO**

LUIS ANTONIO PEÑAHERRERA COLINA

2003

LUIS ANTONIO PEÑAHERRERA COLINA

**PERSISTÊNCIA BIOLÓGICA DE AMETRYN, DIURON E
OXYFLUORFEN EM DOIS TIPOS DE SOLOS SOB
CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”

ORIENTADOR

Prof. Itamar Ferreira de Souza

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Peñaherrera-Colina, Luis Antonio

Persistência biológica de herbicidas em solos tropicais em condições
de casa de vegetação / Luis Antonio Peñaherrera-Colina -- Lavras :
UFLA, 2003.

56 p. : il.

Orientador: Itamar Ferreira de Souza.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Lixiviação. 2. Herbicida. 2. Bioensaio. I. Universidade Federal
de Lavras. II. Título.

CDD-632.954

LUIS ANTONIO PEÑAHERRERA COLINA

**PERSISTÊNCIA BIOLÓGICA DE AMETRYN, DIURON E
OXYFLUORFEN EM DOIS TIPOS DE SOLOS SOB
CONDIÇÕES DE CASA-DE-VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”

APROVADA em 22 de abril de 2003

Pesquisador Dr Décio Karam

Embrapa/CNPMS

Pesquisador Dr Elifas Nunes De Alcântara

Epamig

Prof. Dr. Itamar Ferreira de Souza

UFLA

Orientador

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2003

OFEREÇO

A Deus, pela saúde e vida

A meu pai, Luis Octavio (+), pelo exemplo de luta

A minha mãe, Amélia, pela força, pois o mérito é dela também

DEDICATÓRIA

**Gina, minha esposa, pelo tempo e a distância, pois, sem isso, não
poderia ter finalizado o curso**

**Nahomy e Nohely, minhas filhas, porque são elas o norte que guia
meu caminho**

AGRADEÇO

A meus irmãos, especialmente, Brenda e Soledad

Também Vicente, Narcisa, Grace

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional Autônomo de Investigações Agropecuárias pela oportunidade e pela confiança.

À Universidade Federal de Lavras, por abrir suas portas para mim pela oportunidade.

Ao professor Itamar Ferreira de Souza, pela valiosa orientação e feliz culminação deste trabalho.

Aos professores Luiz Roberto Guimarães Guilherme e Júlio Sílvio de Souza Bueno Filho, pelas valiosas sugestões.

Ao pesquisador Elifas Nunes de Alcântara, pela colaboração amizade e sugestões.

Aos amigos do grupo de plantas daninhas, Emilio, Cláudio, Oscar, Danilo, Nildo, Adenilson, Wagner e Lúcia Helena.

Aos colegas Denismar e Cirilo, pelas idéias e ajuda.

À turma da “Balança mas não cai”, Leonardo, Vinicius, Juan, Jorge e Aleandra e Valeria, pela amizade, ajuda e força nos momentos difíceis.

Ao pessoal da república “Vaca Tôlada”, Carlão, Thiago, Carlos, Hudson e Marley.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Herbicida no ambiente	3
2.2 Herbicida no solo	4
2.3 Características dos herbicidas	6
2.3.1 Ametryn	6
2.3.2 Diuron	8
2.3.3 Oxyfluorfen	10
2.4 Utilização de bioensaios	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Características dos locais	14
3.2 Características dos tratamentos	14
3.3 Amostragem	17
3.4 Características avaliadas	18
3.4.1 Germinação	18
3.4.2 Toxicidade	20
3.4.3 Matéria seca	20
3.5 Manejo do experimento	20
3.6 Análise estatística	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22

4.1 Germinação	22
4.2 Fitotoxicidade	23
4.3 Matéria seca.....	25
4.3.1 Matéria seca total (MST)	26
4.3.2 Matéria seca da parte aérea (MSA)	30
4.3.3 Matéria seca raiz (MSR)	33
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	45

RESUMO

PEÑAHERRERA-COLINA, Luis Antonio. **Persistência biológica de ametryn diuron e oxyfluorfen em dois tipos de solos sob condições de casa-de-vegetação.** 2003. 56p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras*.

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar a persistência biológica de três herbicidas de pré-emergência em dois tipos de solo em condições de casa-de-vegetação, utilizando a aveia (*Aveia sativa*) como planta-teste. Dois experimentos foram instalados: o primeiro (experimento 1) no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, entre maio e junho de 2002; o segundo (experimento 2), na Estação Experimental Boliche, Província Guayas, Equador, entre outubro e dezembro de 2002. O delineamento experimental foi o de blocos incompletos para o experimento 1, e parcelas subdivididas para o experimento 2, com quatro repetições (3 x 4 x 4 + 1), envolvendo três herbicidas em quatro profundidades do solo e quatro épocas de amostragem, mais uma testemunha sem aplicação de herbicida. As doses dos produtos foram: ametryn 2,0 kg ha⁻¹, diuron 3,2 kg ha⁻¹ e oxyfluorfen 0,48 kg ha⁻¹ nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, aos 10, 20, 30 e 40 dias após aplicação (DAA). Foram avaliadas a germinação aos 12 dias após semeadura (DAS), toxicidade aos 14 DAS e matéria seca total (MST), da parte aérea (MSA) e da raiz (MSR). As amostras de solos provenientes de campos agrícolas de Boliche (Inceptissol novo) e Lavras (Oxissol) em condições indeformadas foram tiradas com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro. Em Lavras, oxyfluorfen provocou redução no número de plantas emergidas no plantio feito aos 10 dias após aplicação, e a produção de matéria seca total, da parte aérea e da raiz em todas as profundidades e épocas de plantio, com exceção dos 10-15 e 15-20 cm de profundidade, nas épocas 30 e 40 DAA. Oxyfluorfen e diuron provocaram alta toxicidade aos 14 DAS nas épocas 10 e 20 DAA. Em Boliche, não se observou queda na germinação da aveia. A maior toxicidade foi provocada por diuron na profundidade de 5 cm em todas as épocas, provocando também queda da MST, MSA e MSR. A aveia mostrou boa sensibilidade como planta indicadora para resíduos dos herbicidas testados. Os herbicidas diuron e oxyfluorfen apresentaram alta toxicidade sobre aveia em solos do município de Lavras; porém, somente diuron foi mais persistente. Em Boliche, o herbicida diuron foi mais persistente e pouco móbil no solo.

* Comitê orientador: Prof. Dr Itamar Ferreira de Souza-UFLA (Orientador), Prof. Dr. Luiz Roberto Guimarães Guilherme-UFLA (Co-orientador), Prof. Dr. Júlio Sílvio de Souza Bueno Filho-UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

PEÑAHERRERA-COLINA, Luis Antonio. **Biological persistence of ametryn diuron and oxyfluoren in two soils under greenhouse conditions.** 2003. 56p. Dissertation (Master studies in Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.*

This research had the objective of evaluating the biological persistence of three pre-emergence herbicides in two soil types under greenhouse conditions. Oat plants were used as organism test. Two experiments were established: Experiment 1 in the Agronomy Department at Lavras Federal University, Lavras, MG, Brazil, from may to june/2002, and Experiment 2 in the Boliche Experiment Station, “Província Guayas”, Equator from october to december/2002. The experimental design were: in Lavras, incomplete blocks, and Boliche split-plots in a 3 x 4 x 4 + 1 factorial, involving three herbicides (ametryn at 2.0 kg ha⁻¹, diuron at 3.2 kg ha⁻¹, and oxyfluorfen at 0.48 kg ha⁻¹); in 0-5, 5-10, 10-15, and 15-20 cm soil layer; sampled at 10, 20, 30, and 40 days after treatment application, plus one untreated check. Plots were constituted of 100 mm diameter PVC pipes filled with undisturbed soil samples from original fields of Boliche (New Inceptisol) and Lavras (Oxissol), planted with 10 oat seeds. Oxyfluorfen inhibited oat seedling number in the 10 days sampled, and inhibited total, shoots and roots dry matter at all soil layer and sample dates, except at 10-15 and 15-20 cm depth at 30 and 40 days samples in Lavras. Oxyfluorfen and diuron promoted the highest toxicity at 14 days after oat seeding in the 10 and 20-days samples. The herbicides did not reduce oat seed emergence in Boliche. Diuron at 0-5 cm soil layer showed the highest oat toxicity and the lowest plant dry matter (total, shoots, and roots) at all sample dates. Oat plant showed good sensitivity to herbicide residues. Diuron was more persistent in the soil

* Guidance Committee: Itamar Ferreira de Souza (Adviser) (DAG/UFLA), Luiz Roberto Guimarães Guilherme (DCS/UFLA), Júlio Sílvio de Souza Bueno Filho (DEX/UFLA).

1 INTRODUÇÃO

Durante o seu desenvolvimento, as plantas cultivadas sofrem danos pela interferência de outros organismos, sejam insetos, fungos ou plantas que tornam-se daninhas. Estas são, em geral, mais constantes, com o solo sempre carregado de sementes, caracterizando-se ainda pela sua alta capacidade de proliferação e competição por água, luz e nutrientes.

As plantas melhoradas são obtidas em situações especiais de manejo, com maior capacidade produtiva, mas são sensíveis às adversidades, como concorrência de plantas daninhas (Foloni, 2000). Cardarelli (1976) estima que, sem uso de herbicidas, os produtos colhidos sofreriam drástica redução, que pode alcançar até 45%.

Desde o surgimento do herbicida 2,4-D, há mais de 50 anos, a história do manejo das plantas daninhas teve uma evolução rápida. Pesquisadores e produtores assistiram a lançamentos de inúmeros produtos novos de grupos químicos diferentes, como triazinas, uracilas, cloroacetanilidas, etc, até os herbicidas modernos. Todos eles com o único objetivo de diminuir o efeito competitivo das plantas daninhas.

As outras pragas, tais como insetos e fungos, foram sendo combatidas com métodos de melhoramento, o que significou numa grande queda na utilização de insumos para o seu controle.

Os herbicidas são hoje a principal e mais importante ferramenta para o controle de plantas daninhas no sistema de produção intensivo de diferentes culturas. No ano 2000, no Brasil, foram aplicados 174 mil toneladas de herbicidas em diferentes culturas, salientando a soja (39,8%), milho (23,5%) e cana-de-açúcar (12,9%), (Spadotto, 2002).

Uma quantidade considerável de herbicida é aplicada diretamente ao solo; outros, embora aplicados após a emergência das planta, acabam chegando

ao solo direta ou indiretamente, podendo ser absorvidos pelas plantas, lixiviados e passar a formar parte do lençol freático, ou sofrer degradação. Quando a sua degradação é lenta, pode ocorrer acúmulo no ambiente. Torna-se fundamental seu uso adequado tanto para preservar a qualidade dos produtos colhidos, quanto os recursos que sustentam a produção, tais como o solo e a água.

O potencial de impacto ambiental proveniente do uso de um herbicida depende de sua toxicidade ao ser humano e da sua ecotoxicidade, assim como de suas concentrações nos diferentes estratos ambientais, como solo, água e planta.

No sistema solo, o comportamento do herbicida é influenciado por diferentes fatores de ordem química e física, o que revela necessidade de uma avaliação prévia do produto, para se evitarem riscos de danos à cultura, diminuindo, assim, a possibilidade de riscos do acúmulo no ambiente.

Quando os herbicidas atingem o solo em quantidades acima dos limites de biodegradação microbiana, podem estar sujeitos a outros processos físicos, químicos ou físico-químicos, que influenciam direta ou indiretamente seu destino no meio. Esses processos envolvem adsorção-dessorção pelos colóides, lixiviação, volatilização, carregamento pela erosão, decomposições química e fotoquímica e absorção pelas plantas.

Tentando evitar que a contaminação alcance níveis que representem ameaça para a saúde pública ou ambiental, são necessárias medidas de prevenção ou de remediação. Essa última é geralmente mais cara e perigosa do que ações preventivas que antecipem a contaminação.

Dentro do atual enfoque de conservação do meio ambiente, é muito importante o conhecimento das características dos herbicidas e seu comportamento no solo. Nesse sentido, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de quantificar a persistência dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen aplicados em dois diferentes tipos de solos por meio de bioensaios usando a aveia branca (*Avena sativa*) como planta-teste.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Herbicidas no ambiente

Herbicidas são compostos químicos que, após serem aplicados nas plantas alvo, interferem em seus constituintes morfológicos ou no seu metabolismo, promovendo aparição de efeitos fisiológicos de graus variáveis que podem levá-lo à morte (Camargo, 1986).

Os herbicidas apresentam algumas vantagens toxicológicas e ecológicas em relação a outros defensivos agrícolas. O fato de que muitos desses compostos agem por inibição da fotossíntese implica, quase sempre, em toxicidade mais baixa para organismos não-alvos, inclusive o homem (Midio & Martins, 1997). Essas vantagens, entretanto, não dispensam o monitoramento dos herbicidas, como, por exemplo, quanto ao movimento vertical no solo, pelo risco de contaminação de águas subterrâneas, um dos mais temidos acidentes que podem ocorrer pelo uso inadequado de pesticidas (Haque & Freed, 1975).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990), o produto é classificado quanto à porcentagem de evolução do gás carbônico marcado ($^{14}\text{CO}_2$) em 28 dias, sendo: 0 – 1% - persistência alta (meia vida acima de 180 dias); 1 – 10% - persistência média (meia vida maior do que 90 dias e menor do que 180 dias); 10 – 25% - persistência reduzida (meia vida maior do que 30 e menor do que 90 dias), e acima de 25% - não persistente (meia vida menor que 30 dias).

Atualmente, o estudo do comportamento de herbicidas no ambiente tem sido realizado mediante estimativas das tendências a que eles estão sujeitos, em razão de três processos principais: retenção (K_d e K_{oc}), transformação (evolução de CO_2), transporte e por interações desses processos (Oliveira Júnior, 2002).

Entre os processos de dissipação que os herbicidas sofrem no perfil do solo, podem-se citar volatilização, escoamento superficial, lixiviação, percolação, entre outros. Esses podem variar de acordo com a natureza e propriedades do solo, antecedentes e condições predominantes de cultivo, topografia, características geológicas e práticas de cultivo (Carter, 2000).

Os herbicidas ficam retidos, geralmente, na camada superior do solo, sendo que esta retenção pode variar segundo o teor de argila e/ou matéria orgânica e solubilidade do produto. Sua persistência num determinado solo depende das condições edáficas e climatológicas, além das características do próprio herbicida. (Rodrigues & Almeida, 1998).

Bottino-Neto (2001) definiu a persistência de herbicidas no solo de vários tipos, de acordo com o método de determinação: persistência biológica, agrônômica e química. A persistência biológica é determinada por métodos biológicos (bioensaios). A persistência agrônômica é uma persistência biológica particularizada, pois mede o tempo que o resíduo do herbicida permanece no solo, com atividade sobre as plantas cultivadas, quer seja em um sistema de sucessão ou rotação de culturas. A persistência química diz respeito ao tempo que o resíduo permanece no solo, passível de ser detectado por métodos químicos.

Devido ao alto grau de contaminação em todo o mundo por herbicidas s-triazinas, alguns laboratórios têm-se dedicado a estudos sobre o seu destino e biodegradação (Melo et al., 1999).

2.2 Herbicidas no solo

Normalmente, o solo é o destino final dos defensivos agrícolas utilizados na agricultura. Após sua aplicação, o defensivo agrícola poderá seguir diferentes rotas, isto é, ficar retido na fração orgânica e/ou mineral do solo,

passando à forma indisponível às plantas e aos organismos vivos. Mas, se estiver disponível na solução do solo, ele poderá ser absorvido pelas plantas e outros organismos, ser degradado química ou biologicamente no ambiente, ser lixiviado para as camadas subsuperficiais, ser escoado superficialmente no solo, ou se volatilizar (Borges, 2002)

O movimento de um herbicida no solo depende basicamente das interações de sua estrutura molecular com as características do solo (textura, estrutura, matéria orgânica, pH, CTC) e do manejo ao qual a área é submetida, além dos fatores climáticos (pluviosidade, temperatura, etc.). Essas substâncias movem-se a partir da superfície do solo na forma de solução. A compreensão dos fatores que regulam as interações da retenção é essencial para entender o comportamento dessas substâncias no solo (Oliveira Junior, 2002; Prata & Lavorenti, 2002).

Prata & Lavorenti (2002) assinalam que os herbicidas, após sua aplicação, interagem com o solo formando um complexo dinâmico. Essa dinâmica é governada por alguns fenômenos denominados: retenção (habilidade de reter molécula orgânica evitando sua saída da matriz) e adsorção ou sorção (processo reversível de retenção e atração de molécula química na superfície do colóide por tempo dependente de sua afinidade).

A sorção de moléculas orgânicas no solo tem sido tratada muitas vezes de forma similar ao fenômeno de adsorção de cátions e/ou ânions (nutrientes das plantas), a qual é governada principalmente pela troca iônica, sendo essa apenas uma das formas de sorção de moléculas orgânicas (moléculas catiônicas e ionizáveis) (Prata & Lavorenti, 2002).

Porém, o fator que apresenta maior influência na sorção de herbicidas no solo é a matéria orgânica (Oliveira Junior, 2002). O teor de carbono orgânico influencia a sorção de forma semelhante ao conteúdo e qualidade da fração argila, aumentando a sorção com aumento dos teores presentes.

Com relação à natureza das argilas, sabe-se que aquelas de maior expansividade, como montmorilonita e vermiculita, apresentam maior capacidade de troca catiônica e maior área superficial específica, originando forças de atração de grande intensidade, contribuindo significativamente para o aumento da capacidade de sorção (Oliveira Junior, 2002).

Entre os diversos tipos de transformação (bióticas e abióticas), as reações mediadas por processos bióticos são comumente tidas como as mais importantes na degradação de defensivos agrícolas. Os defensivos são utilizados pelos microrganismos como fonte de substrato orgânico, do qual podem obter alimento e energia necessária para suas reações biossintéticas (Borges, 2002).

Segundo Alexander (1994), os microrganismos utilizam o composto químico como substrato para seu crescimento e multiplicação (degradação com crescimento). Quando o substrato decresce, a população para de crescer ou pode diminuir (degradação sem crescimento). Nesse sentido, Soulas et al. (1984) encontraram 30,2% de 2,4-D degradado no solo aos 28 dias de aplicação, e nas mesmas condições, em solo fumigado, esse valor caiu para cerca de 1%.

2.3 Características dos herbicidas

2.3.1 Ametryn

O herbicida ametryn pertence ao grupo das triazines, cujo nome químico é N-ethyl-N-(1-methylethyl)-6-(methylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine (Figura 1), com peso molecular de 227,3; ponto de fusão entre 84 – 85°C; solubilidade em água de 200 mg L⁻¹ a 22°C e pH de 7.1; e a pressão de vapor de 3,3.10⁻⁶ mm Hg a 30°C e 3,9.10⁻⁵ mm Hg a 50°C; meia vida de 37 dias em solo argilo-arenoso a 25°C (Weed Science Society of America, 1994). No comércio, é encontrado na formulação de pó seco, pó molhável e suspensão concentrada, e

sua concentração varia de 500 g L⁻¹, 500 e 800 g kg⁻¹. O nível toxicológico é classe III, segundo Rodrigues & Almeida (1998). É muito ativo e recomendado em culturas de cafeeiro, cana-de-açúcar, abacaxi, banana, entre outras.

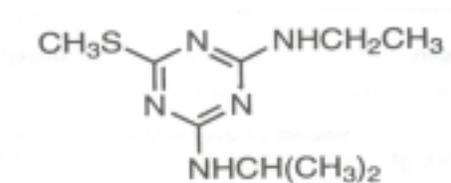


FIGURA 1. Estrutura molecular do ametryn

Quando aplicado na planta, é rapidamente absorvido pelas folhas ou raízes. É dificilmente lavado pela chuva. Movimenta-se através do xilema, indo acumular-se nos meristemas apicais, especificamente cloroplastos (Rodrigues & Almeida, 1998).

Após sua aplicação no solo, o ametryn é fortemente adsorvido pelos colóides, especialmente em solos argilosos. O produto apresenta pouco deslocamento para áreas vizinhas, tem persistência média e sua degradação é feita em grande parte pelos microrganismos e pela luz (Rodrigues & Almeida, 1998).

Pesquisas desenvolvidas por Ahmad et al. (2001) com diferentes solos do Paquistão (valores baixos de Kd= Coeficiente de sorção) e Austrália mostraram que o pH e o carbono orgânico do solo apresentaram alta correlação com a sorção do ametryn em solos com características alcalinas; para imazethapyr, o pH foi o fator mais importante na sorção, apresentando alto risco de contaminação das águas subterrâneas nas condições testadas.

Palma (1993), em estudo feito na cultura de feijão com épocas de plantio após aplicação de ametryn e diuron, concluiu que o intervalo de segurança entre aplicação e semeadura para a mistura ametryn + diuron (0,93

+1,44 kg ha⁻¹i.a.) foi de 105 dias e, na aplicação simples de ametryn (0,93 kg ha⁻¹ i.a.), foi de 15 dias.

Em estudos de lixiviação com herbicida ametryn na dosagem 4.0 kg ha⁻¹ de produto comercial, Blanco (1996) encontrou a maior concentração na camada de 0-10 cm até 195 dias após aplicação. Nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm, também foram encontrados resíduos até 33 dias após aplicação, mas sem ultrapassar os 30 cm.

Bottino-Neto (2001), em amostragem feita aos 55 dias após aplicação, observou queda no número de plantas emergidas de aveia quando aplicou 2,5 e 3,5 kg ha⁻¹ de ametryn de produto comercial; com a dissipação do produto aos 95 dias após aplicação. Ainda observou que o efeito do herbicida não superou os 15 cm de profundidade.

2.3.2 Diuron

O diuron é designado quimicamente como N-(3,4-dichlorophenyl)-N,N-dimethylurea (Figura 2), sendo recomendado para culturas de cafeeiros, citros, cana-de-açúcar, algodão etc, para o controle de plantas daninhas de folha larga e estreita com inibição da fotossíntese. É um herbicida considerado de persistência média (90 – 180 dias), dependendo da umidade e do tipo de solo. Sua solubilidade é baixa 42 mg L⁻¹ em água a 25°C, pressão de vapor de 6,9 10⁻⁸ mm Hg a 25°C e peso molecular de 233,1 e vida média de 90 dias (Weed Science Society of America, 1994).

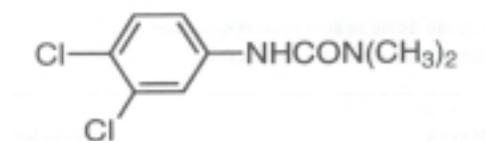


FIGURA 2. Estrutura molecular do diuron

Após sua aplicação no solo, é adsorvido pelos colóides inorgânicos e/ou matéria orgânica, sendo pouco lixiviável em solos argilosos, porém, lixiviável nos arenosos. Nas plantas, é absorvido principalmente pelas raízes e, com menor intensidade, pelas folhas; sendo mais tarde, movimentado pelo xilema, acropetalmente pela corrente da transpiração, inibindo o transporte de elétrons no fotossistema II. É degradado principalmente pelos microrganismos e perdas podem ocorrer por fotodecomposição quando exposto por alguns dias ou semanas à radiação solar (Rodrigues & Almeida, 1998; Weed Science Society of America, 1994).

Prata (2002) observou que a matéria orgânica pode aumentar ou diminuir a degradação de pesticidas, por ativar a microbiota heterotrófica do solo em alguns casos e, em outros, por favorecer o processo de adsorção.

O mesmo autor observou aumento no desprendimento de CO₂ do diuron quando aplicou vinhaça em pesquisa feita em Terra Roxa, contribuindo para a dissipação do diuron mais rapidamente, sem influência na adsorção do herbicida.

Em pesquisa desenvolvida por Musumeci et al. (1995), o diuron marcado com ¹⁴C apresentou maior translocação em solo areno-argiloso em relação ao solo argiloso, quando foi avaliada a combustão dos tecidos em cana-de-açúcar. O pico máximo de absorção nos dois solos avaliados foi até a quarta semana.

Esses autores também verificaram degradação mais acentuada em solos cultivados com cana-de-açúcar do que em solos sem a presença de plantas, levantando à hipótese de que um efeito da rizosfera e exsudados favorecem ação microbiana na degradação de diuron.

Paulo et al. (1991) testaram o efeito de algumas características do solo na resposta de oito olerícolas às doses de herbicidas e acharam que, no caso de diuron, levou 6.0, 7.4 e 9.8 dias nos tipos argila pesada, franco argilo-arenoso e

franco argilo-arenoso rico em matéria orgânica, fenômeno atribuído à alta CTC observada no solo rico em matéria orgânica.

No caso de diuron, Bottino-Neto (2001) encontrou pouca resposta de aveia para identificar resíduos no solo com uso de bioensaios quando comparado com a testemunha.

2.3.3 Oxyfluorfen

O oxyfluorfen pertence ao grupo químico dos derivados dos difeniléter, cuja designação química é 2-chloro-1-(3-ethoxy-4-nitrofenoxy)-4-(trifluoromethyl)benzene (Figura 3). Sua solubilidade em água é menor que 1 mg L^{-1} a 25°C , sua pressão de vapor é $2 \times 10^{-6} \text{ mm Hg}$ a 25°C , com peso molecular de 361,7 e meia vida de 35 dias (Weed Science Society of America, 1994)

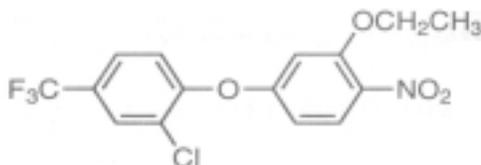


FIGURA 3. Estrutura molecular do oxyfluorfen

Após aplicado no solo, o oxyfluorfen é fortemente adsorvido pelos colóides, resistindo à lixiviação. É degradado por fotólise e sua transformação é mínima, por microrganismos. A perda por fotodecomposição é lenta no solo e rápida na água. Nas plantas, é rapidamente absorvido pelas folhas e muito pouco pelas raízes; quando aplicado em pré-emergência, atua sobre o hipocótilo e epicótilo das ervas na germinação. Não tem efeito sobre o tecido radicular e é pouco translocável (essencialmente de contato); em pos-emergência, provoca o

fechamento dos estômatos e deterioração das membranas celulares (Rodrigues & Almeida, 1998).

Bottino-Neto (2001) utilizou pepino em bioensaio para detectar resíduos do oxyfluorfen em diferentes profundidades, sem encontrar efeitos na germinação quando aplicou $6,0 \text{ L ha}^{-1}$. Aos 55 dias após aplicação, observou-se queda significativa na concentração do herbicida no solo em função da degradação química e biológica acelerada por fatores climáticos.

Pereira (1994) observou que a adição de composto orgânico incrementou a adsorção do herbicida oxyfluorfen pelo aumento da atividade microbiana, provocando menor efeito tóxico em plantas indicadoras. A maior produção de matéria fresca foi atribuída ao elevado conteúdo de argila e matéria orgânica do substrato que suportou as plantas. O mesmo autor encontrou resíduos de oxyfluorfen até 140 dias após a aplicação. O efeito fitotóxico diminuiu quando foi acrescentado o composto orgânico no substrato a partir dos 110 dias da aplicação.

Yen et al. (2003) estudaram a dissipação e mobilidade do oxyfluorfen em diferentes solos sob diferentes condições de umidade e temperatura e concluíram que altas temperaturas aumentam a taxa de dissipação. A possibilidade de contaminação de água subterrânea é muito baixa e só é possível quando o solo apresenta conteúdo muito baixo de MO. Os mesmos pesquisadores verificaram que oxyfluorfen não superou os 9 cm de profundidade e maior parte de produto foi obtida nos 0-3 cm. A temperatura tem grande importância, favorecendo a dissipação a partir dos 25°C , porém, apresentando dissipação mínima em temperatura de 10°C .

2.4 Utilização de Bioensaios

O uso de herbicidas no manejo das ervas daninhas é uma tecnologia amplamente usada na agricultura moderna. O herbicida ideal deve permanecer ativo no ambiente o tempo suficiente para eliminar a competição das plantas daninhas e depois se dissipar por completo, evitando possíveis contaminações do ambiente.

A persistência é definida como o intervalo de tempo em que o herbicida fica ativo, ou permanece no sistema. Os métodos mais empregados para monitorar a persistência dos herbicidas são análises químicas e uso de bioensaios com organismos (Klingman & Ashton, 1975)

Segundo Yaron, citado por Storino (1994), o estudo de movimento de pesticidas no solo pode ser feito em ensaios de campo, nos quais, apesar de se observar uma condição real do solo e precipitação, fica sujeito às flutuações climáticas, além da variabilidade espacial naturalmente encontrada nos solos.

De acordo com Fermanich et al. (1991), os métodos de laboratório mais utilizados para o estudo de movimento dos pesticidas no solo são a cromatografia de camada delgada e os de lixiviação em colunas de solo. As colunas de solo oferecem uma boa aproximação das condições do perfil no campo, sendo, dessa maneira, a metodologia mais indicada (Weber & Whitacre, 1982).

No estudo do comportamento de herbicidas no solo, diferentes métodos têm sido utilizados. O bioensaio é uma das formas empregadas para estudar a atividade, persistência e mobilidade do herbicida aplicado, por ser simples, rápido, de baixo custo e bastante sensível. Não é necessário equipamento sofisticado, comparado com métodos analíticos (Horowitz 1976; Santelman 1977).

O bioensaio é definido por Santelman (1971) como sendo a medida de uma resposta biológica de organismos vivos, planta ou animal, com objetivo de determinar presença e/ou concentração de um herbicida num substrato. Bioensaios para detectar a presença deles são usualmente conduzidos com espécies de plantas susceptíveis, sendo geralmente mais econômicos, e desenvolvidos em condições de laboratório ou casa-de-vegetação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características dos locais

Dois experimentos foram conduzidos no ano de 2002, entre os meses de maio e dezembro, em casa-de-vegetação. O primeiro, no Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, Brasil, a 910 m de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste (FAO, 1985). Um segundo experimento foi conduzido na Estação Experimental Boliche, INIAP, no km 26 da Rodovia Durán-Tambo, Equador, a 17 m de altitude, 0°15' de latitude Sul e 79°58' de longitude Oeste.

As variações de temperatura do ar na localidade de Lavras (experimento 1), entre maio e julho, e na localidade de Boliche (experimento 2), entre outubro e dezembro, ocorridas durante o desenvolvimento dos experimentos foram obtidas na Estação Meteorológica da UFLA e da Estação Experimental Boliche, respectivamente (Figura 4).

Os solos usados nos experimentos foram classificados como OXISOL de textura argilosa localidade de Lavras e INCEPTISOL NUEVO (Buol et al., 1990) de textura média na localidade de Boliche. Os resultados das análises químicas das amostras de solo são apresentados na Tabela 1.

3.2 Características dos tratamentos

No experimento 1, utilizou-se delineamento de blocos incompletos (Mix Tipe), com 4 repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdividida 3 x 4 x 4 + 1, sendo os fatores: três herbicidas; quatro épocas de plantio; quatro profundidades de amostragem; mais uma testemunha sem

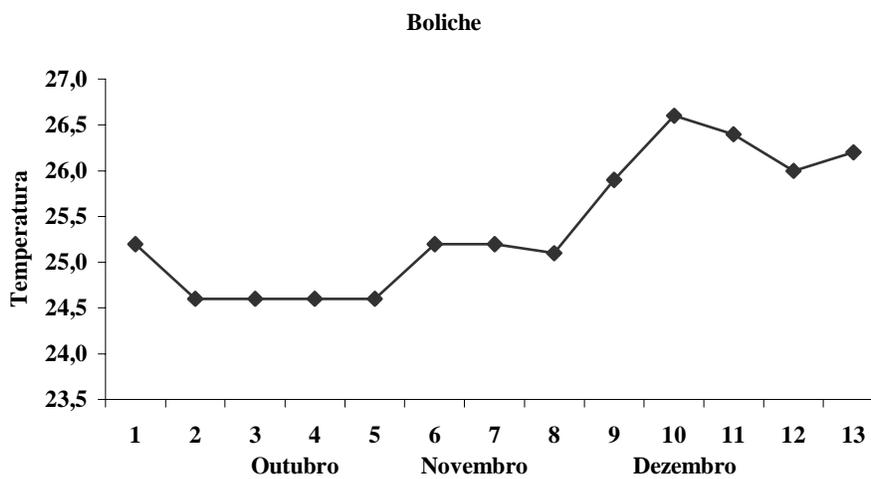
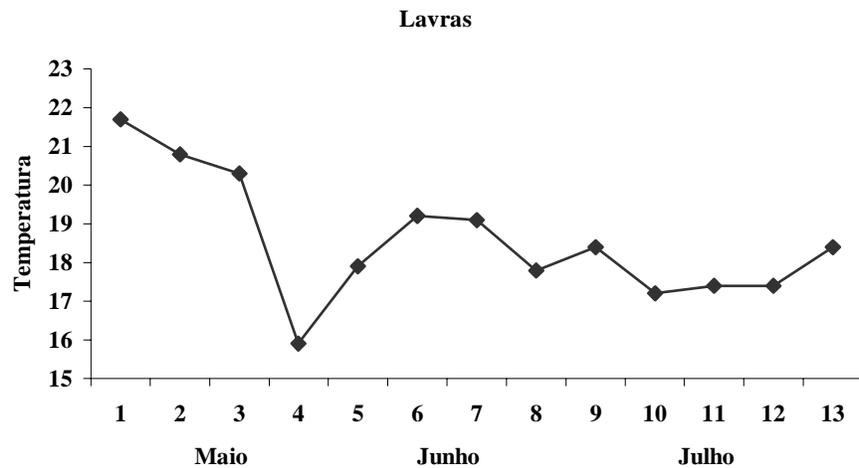


FIGURA 4. Variação da temperatura por semana, no período maio-outubro em Lavras e outubro-dezembro em Bolicho, 2002. UFLA, Lavras-MG, 2003.

TABELA 1. Atributos químicos e físicos de amostras de solos utilizados nos experimentos em Lavras e Boliche. UFLA, Lavras-MG, 2002.*

Características		Lavras	Boliche	
Atributos	Unidades	0-20	0-10	10-20
Químicas				
pH (água)		5,9	5,8	6,0
P	mg dm ⁻³	3,1	28	26
K	mg dm ⁻³	67	195,5	172,0
Ca	cmolc dm ⁻³	2,8	13,0	16,0
Mg	cmolc dm ⁻³	2,7	3,5	5,9
Al + H	cmolc dm ⁻³	2,3	0,10	0,15
Matéria orgânica	dag kg ⁻¹	2,4	1,8	1,4
CTC	cmolc dm ⁻³	7,97	17,1	22,4
Físicas				
Areia	g kg ⁻¹	300	260	300
Silte	g kg ⁻¹	220	520	460
Argila	g kg ⁻¹	480	220	240
Textura		Argiloso	Fco-limoso	Franco

* Análises realizadas no Laboratório do Departamento de Ciências do Solos da UFLA e no Laboratório do Departamento de Solos e Águas da Estación Experimental Boliche do INIAP.

herbicida que foi utilizada para comparações visuais. No experimento 2, utilizou-se delineamento de parcelas subdivididas e os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial de 4 x 4 x 4, sendo 4 herbicidas (H4= dose zero), 4 épocas de amostragem e 4 profundidades. Os tratamentos foram constituídos pelos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen nas épocas 10, 20, 30 e 40 dias após a aplicação (daa), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm (Tabelas 2 e 3).

Para obtenção das unidades experimentais, utilizou-se um cilindro de PVC de 100 mm de diâmetro por 25 cm de comprimento, que foi preenchido com material de solo agrícola indeformado de cada uma das localidades. Na extremidade inferior do cilindro foram colocados um funil plástico e tela metálica com papel-filtro Whatman nº400, para evitar a perda do material do solo. Os cilindros foram colocados numa bancada em posição vertical para aplicação de solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹, na quantidade de 1000 mL dia⁻¹, com propósito de homogeneizar o pH e a força iônica devolver as características de estrutura ao solo que poderia ter sido alterada no momento da coleta. Este tratamento permaneceu por um período de 30 dias no experimento 1, e 10 dias no experimento 2.

Após esse período, os herbicidas foram aplicados na extremidade aberta (superior) do cilindro, num volume de 0,36 mL, equivalente a 400 L ha⁻¹, distribuindo-se o produto de maneira uniforme na superfície do solo.

3.3 Amostragem

No experimento 1, a cada época de amostragem, o cilindro era retirado da bancada, fazendo-se um corte longitudinal e separando-se as duas faces. Numa delas, foram plantadas três fileiras com 20 sementes de aveia branca (*Avena sativa*) cada, como planta indicadora. A outra metade do cilindro foi

TABELA 2. Herbicidas e doses utilizadas no experimento de persistência biológica em casa-de-vegetação. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Produto		Formulação/ concentração g/L-kg	Dose	
Técnico i.a.	Comercial p.c.		i.a. (g)	p.c.
Ametryn	Gesapax	80 PM ¹	2,0	2,5
Diuron	Karmex	80 GD ²	3,20	4,0
Oxyfluorfen	Goal	240 CE ³	0,48	2,0

PM¹ =Pó Molhável

GD² = Grãos dispersíveis em água

CE³ = Concentrado emulsionável

separada em camadas transversais a cada 5 cm e colocada num pote plástico com capacidade para 300 mL, colocando nele 10 sementes da planta-teste.

No experimento 2, em cada época de amostragem, o cilindro foi tirado da bancada e o solo separado em camadas a cada 5 cm e colocado num pote plástico com capacidade de 500 mL, colocando-se nele 10 sementes da planta-teste.

3.4 Características avaliadas

3.4.1 Germinação

Em cada época de plantio e após 12 dias da semeadura (das) da aveia e nas respectivas profundidades, foi feita contagem de número de plantas emergidas. Os potes foram mantidos em casa-de-vegetação por 17 dias para posterior análise de matéria seca

TABELA 3. Tratamentos utilizados no experimento de persistência biológica de três herbicidas em dois solos. UFLA, Lavras-MG, 2003.

Tratamentos	Época		
	Amostragem DAA	Profundidade (cm)	
1	Ametryn	10	5
2	Ametryn	10	10
3	Ametryn	10	15
4	Ametryn	10	20
5	Ametryn	20	5
6	Ametryn	20	10
7	Ametryn	20	15
8	Ametryn	20	20
9	Ametryn	30	5
10	Ametryn	30	10
11	Ametryn	30	15
12	Ametryn	30	20
13	Ametryn	40	5
14	Ametryn	40	10
15	Ametryn	40	15
16	Ametryn	40	20
17-32	Diuron*	Todas	Todas
33-48	Oxyfluorfen*	Todas	Todas
49-64	Dose zero (T)**	Todas	Todas

*Todas as épocas (10 até 40) e profundidades (5 até 20)

** Só em Boliche

3.4.2 Fitotoxicidade

Na avaliação da fitotoxicidade dos herbicidas sobre a planta indicadora, foi utilizada uma escala visual de notas que variou de 0 a 100%, feita aos 14 dias após a semeadura (das) em cada época de plantio. A nota 0% correspondeu a nenhum dano observado nas plantas, e 100%, à morte da planta.

3.4.3 Matéria seca

Após 17 dias do plantio em casa-de-vegetação, as plantas foram colhidas e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 60°C por um período de 72 horas. Após a secagem, a biomassa total, parte aérea e radicular foram pesadas.

3.5 Manejo do experimento

Na casa-de-vegetação, a umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo (80%) durante a fase de condução do experimento. Para isso, foi utilizado o método gravimétrico, pesando-se diariamente os potes e recompondo seu peso pela irrigação. Aos 12 dias, foi feita uma irrigação com solução nitrogenada ao 3% visando suprir a deficiência nutricional.

Após 24 horas da aplicação dos herbicidas nos cilindros, foi simulada chuva com lâmina de 26 mm e posteriormente 6 mm por dia, segundo histórico de precipitação da região de Lavras no verão.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste de F e desdobrando as interações significativas. Para observar melhor os

efeitos dos tratamentos, utilizou-se superfície de resposta na apresentação de gráficos para a interação tripla para as variáveis de matéria seca (total, parte aérea e parte radicular).

Para apresentação dos resultados das variáveis germinação e toxicidade, após ter feito análise de normalidade dos dados a 5%, foi utilizada estatística descritiva com ajuda de Box-Plot (Minitab).*

* Software fornecido pelo Departamento de Ciências Exatas da UFLA

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Germinação

No experimento desenvolvido em Lavras, os tratamentos apresentaram diferenças visuais no número de plantas germinadas (Figura 5).

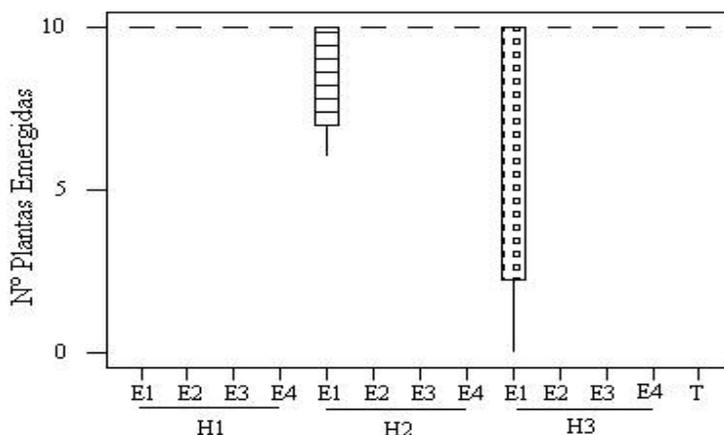


FIGURA 5. Observações de germinação de aveia tratada com três herbicidas (H1= Ametryn, H2= Diuron, H3= Oxyfluorfen) em quatro épocas (E1= 10 daa, E2= 20 daa, E3= 30 daa e E4= 40 daa) de plantio. UFLA, Lavras-MG., 2002.

Na Figura 5 verifica-se que o ametryn (H1) não apresentou variabilidade nas diferentes épocas de amostragem, com a totalidade de sementes plantadas, devido à mínima presença do produto nessas condições. No caso do diuron (H2), as observações refletem efeitos na germinação quando a aveia foi plantada aos 10 dias após aplicação (10 daa, E1), indicando a presença de resíduos tóxicos do herbicida. Nas épocas posteriores de plantio, não foi observado efeito na germinação, provavelmente devido à degradação do herbicida pelos microrganismos e a adsorção feita pelos colóides e matéria orgânica solo, fato relatado por Borges (2002) como principal meio de dissipação. Para oxyfluorfen

(H3), observa-se uma maior heterogeneidade na germinação como resposta da aveia à presença do herbicida quando semeada aos 10 dias (E1) após aplicação. Nas épocas posteriores de semeadura, não se observou resposta da aveia e assume-se que oxyfluorfen teve queda na sua concentração como resultado da dissipação por causa da fotólise e sorção no solo e em menor grau pelo provável consumo feito pelos microrganismos. Isto é mencionado pela Weed Science Society of America (1994) como os mecanismos de dissipação no ambiente.

No experimento 2, desenvolvido em Boliche, (Figura 6) não foi observado efeito sobre a germinação da aveia quando feita a avaliação aos 12 dias após semeadura, o que indica mínima presença dos herbicidas em níveis tóxicos o suficiente, devido possivelmente a pouca disponibilidade dos herbicidas na solução do solo resultado da sua sorção aos colóides minerais e orgânicos favorecidos pela alta temperatura e baixa umidade como relatado por Rodrigues e Almeida (1998).

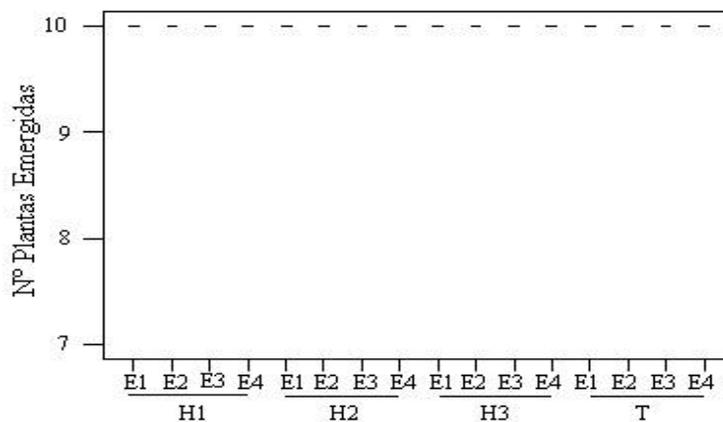


FIGURA 6. Dados de germinação de aveia tratada com três herbicidas (H1= Ametryn, H2= Diuron, H3= Oxyfluorfen) em quatro épocas (E1= 10 daa, E2= 20 daa, E3= 30 daa e E4= 40 daa) de plantio. E.E. Boliche, INIAP, Equador. 2002.

4.2 Fitotoxicidade

No experimento conduzido em Lavras, as avaliações feitas na aveia apresentaram variabilidade para os três herbicidas nas diferentes épocas (Figura 7). Para ametryn (H1), observou-se maior efeito tóxico quando a aveia foi plantada aos 10 e 20 dias após aplicação (E1 e E2), sendo, porém, inferiores ao dano provocado por diuron (H2) na aveia também plantada na época 1 (10 daa E1). Nas épocas 30 e 40 dias após aplicação, o ametryn não apresentou dano na aveia. O diuron (H2) apresentou elevado nível de dano na aveia aos 10 daa e foi igual quando comparado ao oxyfluorfen (H3), na mesma época de plantio. Este efeito tóxico foi diminuindo com o passar do tempo (E3 e E4), provavelmente como resultado da dissipação do herbicida feita pelos microrganismos no caso de diuron e pela fotólise para oxyfluorfen. Estes processos são indicados por Bottino-Neto (2001) e Yen et al. (2003) como os possíveis mecanismos de dissipação desses produtos no ambiente.

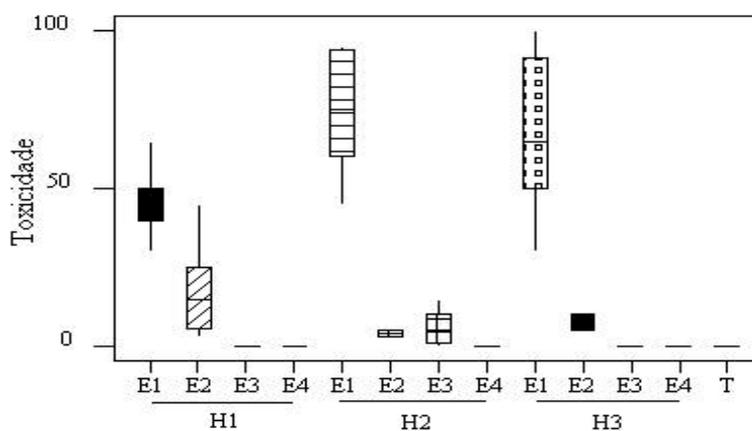


FIGURA 7. Dados de toxicidade de aveia tratada com três herbicidas (H1= Ametryn, H2= Diuron, H3= Oxyfluorfen) em quatro épocas (E1= 10 daa, E2= 20 daa, E3= 30 daa e E4= 40 daa) de plantio. UFLA, Lavras-MG, 2002.

A análise das notas de fitotoxicidade observada no experimento em Boliche (Figura 8) indica efeito de herbicidas sobre aveia nas diferentes épocas de plantio após aplicação dos herbicidas. O ametryn (H1) provocou mínimo

dano inicial, com posterior recuperação das plantas. A toxicidade do diuron (H2), foi observada em todas as épocas de plantio, com morte das plantas, mesmo com tendência de queda o que coincide com o mencionado pela Weed Science Society of America (1994), que considera o diuron como medianamente persistente, mas dependendo da umidade e do tipo do solo. O oxyfluorfen (H3) não apresentou sintomas em nenhuma época de amostragem, provavelmente devido a sua rápida transformação provocada pela fotólise favorecida pela elevada temperatura, baixa umidade do solo, ou sorção. Estes fenômenos são

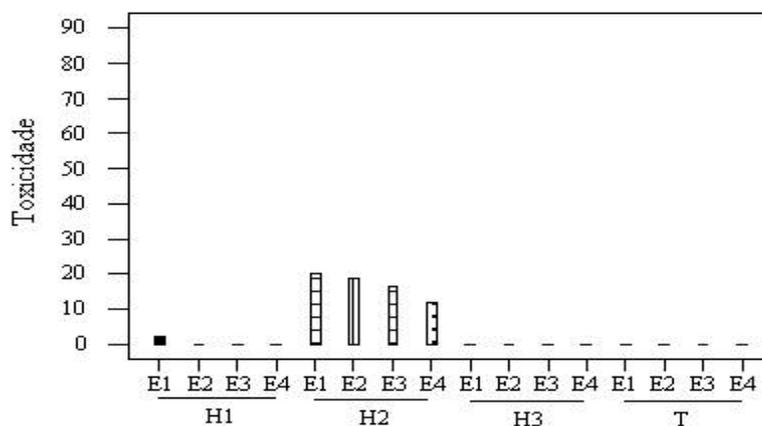


FIGURA 8. Dados de toxicidade de aveia tratada com três herbicidas (H1= Ametryn, H2= Diuron, H3= Oxyfluorfen) em quatro épocas (E1= 10 daa, E2= 20 daa, E3= 30 daa e E4= 40 daa) de plantio. E.E. Boliche, INIAP, Equador. 2002.

sugeridos como principal meio de dissipação, devido a sua lenta decomposição microbiana (WSSA, 1994).

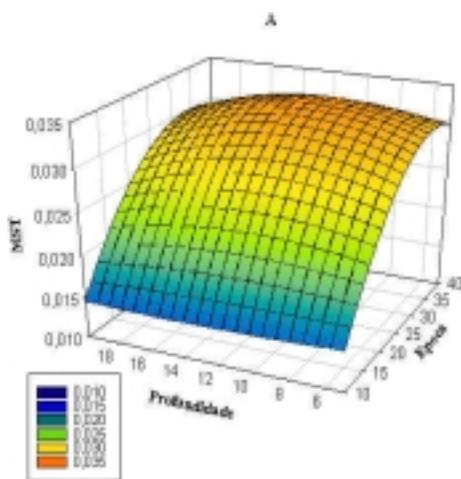
4.3 Matéria seca

Houve interação tripla para peso da matéria seca (total, parte aérea e radicular) das plantas de aveia entre diferentes tratamentos. Dessa forma, o efeito de cada herbicida foi considerado separadamente.

4.3.1 Matéria seca total (MST)

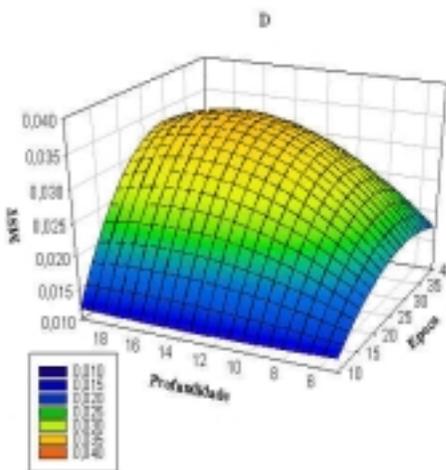
Em Lavras (Figura 9), a matéria seca total (MST) da aveia foi baixa para os três herbicidas estudados em todas as profundidades, sendo lixiviado até camadas profundas quando a aveia foi plantada aos 10 daa (E1) em comparação com épocas posteriores de plantio. É provável que a baixa temperatura tenha provocado menores taxas de evaporação, mantendo o solo saturado, diminuindo a sorção pelo mesmo e facilitando sua lixiviação. Estes fatores são mencionados por Rodrigues & Almeida (1998), Foloni (2000) e Freitas (2002) como possíveis causas da menor sorção dos herbicidas no solo. Em épocas posteriores, a aveia melhorou a produção da MST quando comparado ao diuron (H2), como resultado da dissipação do produto por ação de microrganismos, que segundo a literatura o aproveitam como fonte de energia e decompõem em moléculas simples a base de C, H, O e P (Foloni 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por Blanco (1996). Isso discorda de Bottino-Neto (2001), o qual afirma de um modo geral, a persistência maior de ametryn encontra-se na camada superficial do solo.

Para diuron (Figura 9, D), a produção de MST foi menor em todas as profundidades e épocas avaliadas comparado com os outros herbicidas em estudo, evidenciando a presença de herbicida em quantidades tóxicas. Isso pode ser explicado pelas condições ambientais elevada umidade e temperatura amena, que poderiam ter provocado menor sorção pelo solo, facilitada pelo tipo de argila com baixa capacidade de troca de cátions e pela lenta degradação dos microrganismos. Este fato é mencionado por Ferracciú (2002), como situações que afetam a sorção dos herbicidas no solo. Resultados semelhantes foram observados por Musumeci et al. (1995), quando testou a translocação em solos com diferentes texturas.



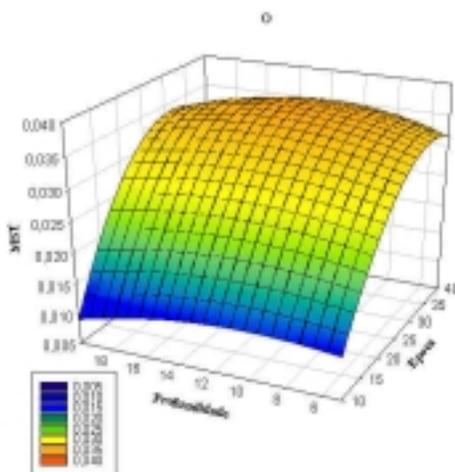
$$Y = 0,0077 + 8,73E-4e - 9,08E-6e^2 - 0,0024p + 9,83E-5p^2 + 2,72E-4ep - 4,93E-6e^2p - 1,13E-5ep^2 + 2,04E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,76$$



$$Y = 0,024 - 0,00138e + 2,05E-5e^2 - 0,00542p + 1,74E-4p^2 + 6,22E-4ep - 9,95E-6e^2p - 1,98E-5ep^2 + 3,17E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,97$$



$$Y = -0,0116 + 0,0024e - 3,85E-5e^2 + 5,97E-4p - 4,8E-5p^2 + 1,15E-5ep + 4,26E-7e^2p + 1,58E-6ep^2 - 5,56E-8e^2p^2$$

$$R^2 = 0,98$$

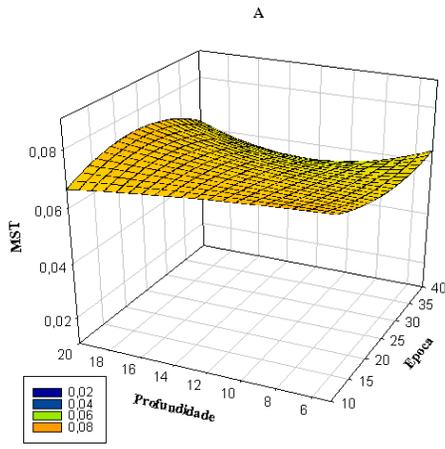
FIGURA 9. Matéria seca total (MST= g planta⁻¹) da aveia tratada com ametryn (A), diuron (D) e oxyfluorfen (O) em diferentes épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e várias profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). UFLA, Lavras-MG, 2002.

Oxyfluorfen (O) apresentou queda na MST igualando o comportamento do ametryn na primeira época de plantio (E1) em todas as profundidades. A sua translocação pode ser explicada pela alta saturação do solo, baixa temperatura segundo pesquisas feitas por Yen et al. (2003) o que diminuiu a sorção pelos colóides. Eles também encontraram traços do herbicida em profundidades de até 9 cm; porém, a maior concentração estava nos 3 cm superficiais. Em épocas posteriores, a produção de MST melhorou possivelmente pela dissipação do herbicida no solo.

O herbicida ametryn em Boliche (Figura 10, A) mostrou queda da MST insignificante na amostragem feita no tempo, até os 40 dias, resultado da sorção favorecida pela elevada temperatura e pela queda na umidade do solo, diminuindo a concentração do produto disponível para planta, comportamento sugerido por Freitas (2002) e Foloni (2000).

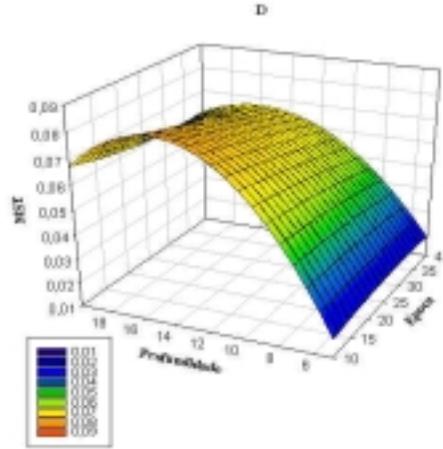
No caso do herbicida diuron (Figura 10, D), esse apresentou drástica redução de MST em todas as épocas de amostragem, mas só na profundidade de 0-5 cm, demonstrando ausência de lixiviação nessas condições devido provavelmente às altas temperaturas que acompanharam o desenvolvimento do experimento, aumentando adsorção para os colóides do solo e limitando a presença do herbicida disponível (Spadotto, 2002). Essas observações contrastam com pesquisa feita por Bottino-Neto (2001), que não encontrou resposta de aveia ao diuron.

Para o herbicida oxyfluorfen (Figura 10, O), foi observada uma queda sem significância quando o plantio foi feito aos 10 daa e 20 cm de profundidade e também aos 40 daa e nas profundidade de 5-10 e 10-15 cm. Isso pode ser explicado como queda no vigor das sementes, fato que pode ser contrastado com a testemunha (Figura 10, T) e que foi observado em pesquisa feita por Bottino-Neto (2001).



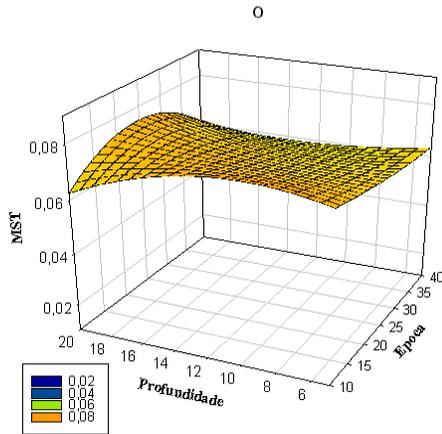
$$Y=0,0918-0,0022e+4,93E-5e^2-0,00137p-2,93E-5p^2+1,97E-4ep-6,7E-6e^2p+1,36E-7ep^2+1,18E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,58$$



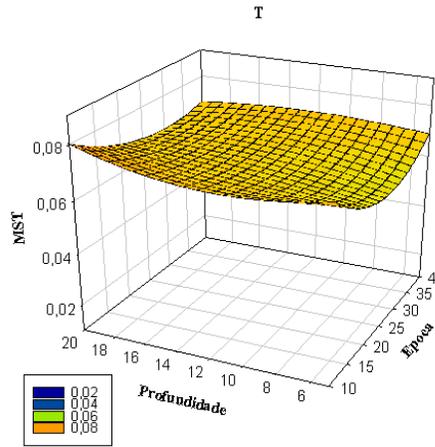
$$Y=-0,0767+0,00132e-6,56E-6e^2+0,0216p-7,04E-4p^2-2,07E-4ep-5,12E-7e^2p+4,84E-6ep^2+7,5E-8e^2p^2$$

$$R^2=0,92$$



$$Y=0,0528+0,00107e-1,59E-5e^2+0,0070p-3,88E-4p^2-4,77E-4ep+6,48E-6e^2p+2,84E-5ep^2-4,3E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,56$$



$$Y=0,129-0,00543e+9,5E-5e^2-0,00757p+2,95E-4p^2+6,1E-4ep-9,86E-6e^2p-2,17E-5ep^2+3,32E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,47$$

FIGURA 10. Matéria seca total (MST= g planta⁻¹) da aveia tratada com ametryn (A), diuron (D), oxyfluorfen (O) e testemunha (T), em diferentes épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e várias profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). E.E Boliche, INIAP, Equador, 2002.

4.3.2 Matéria seca da parte aérea (MSA)

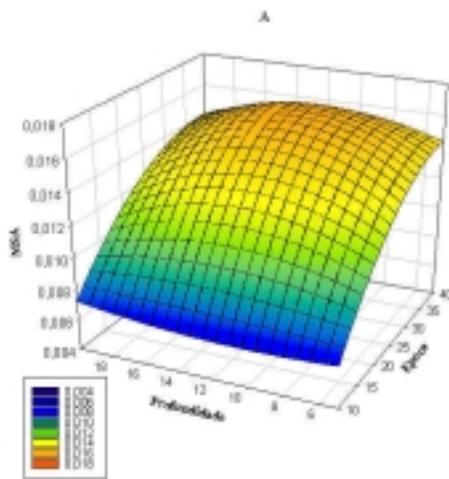
Na produção de matéria seca da parte aérea (MSA), em Lavras (Figura 11), o ametryn (A) apresentou menor desenvolvimento da aveia quando o plantio foi feito aos 10 daa, semelhante ao observado para diuron (D) e oxyfluorfen (O) na mesma época e mesmas profundidades. A MSA apresenta o mesmo comportamento observado na MST, (Figura 10). Nesse sentido, Palma (1993), em estudo feito na cultura de feijão com épocas de plantio após aplicação de ametryn e diuron, sugere que o intervalo de segurança entre aplicação simples de ametryn ($0,93 \text{ kg ha}^{-1}$) foi de 15 dias, como resultado da degradação microbiana.

Para diuron (Figura 11, D), o seu comportamento apresentou também a mesma tendência quando comparado com MST. Isso pode ser explicado conforme foi mencionado por Ferracciú (2002) e Musumeci et al. (1995).

Oxyfluorfen (Figura 11, O) apresentou as maiores quedas na MSA aos 10 dias após o plantio acompanhando o comportamento da MST. A melhora das plantas em épocas posteriores é observada em todas as profundidades. A sua diminuição na concentração do herbicida para níveis não-tóxicos no solo não provocou injúria na aveia. A sua possível translocação foi explicada por Yen et al. (2003).

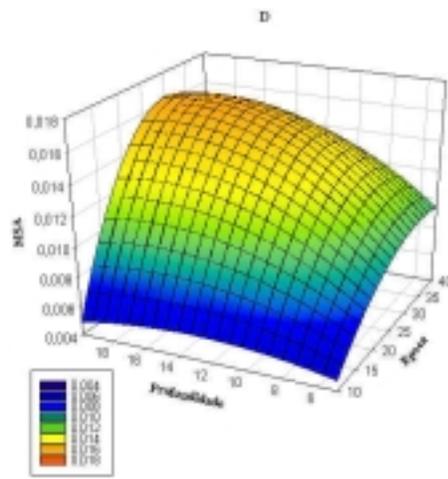
Em Boliche (Figura 12, A), o comportamento da ametryn, acompanhou aquele apresentado na produção de MST pela sua pouca disponibilidade para ser absorvido pelas plantas.

O diuron (Figura 12, D) mostrou queda acentuada na produção de MSA da aveia em todas as épocas estudadas, mas só na profundidade 0-5 cm, confirmando suas características de pouca mobilidade nas condições testadas. Esses resultados podem ser reflexo da elevada taxa de evaporação, que foi maior



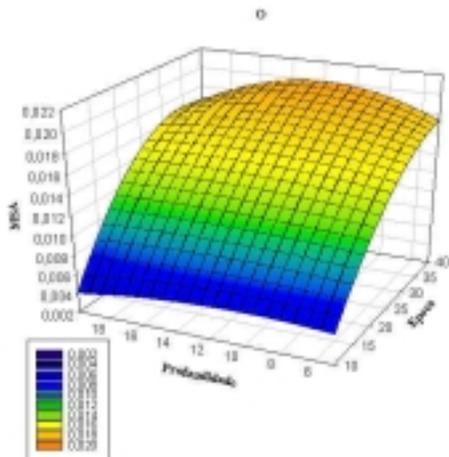
$$Y=0,009-2,56E-4e+8,23E-6e^2-0,00217p+9,05E-5p^2+2,44E-4ep-4,36E-6e^2p-1,0E-5ep^2+1,78E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,76$$



$$Y=0,0045-1,93E-4e+4,46E-6e^2-0,00108p+2,02E-5p^2+1,77E-4ep-2,94E-6e^2p-4,19E-6ep^2+6,75E-8e^2p^2$$

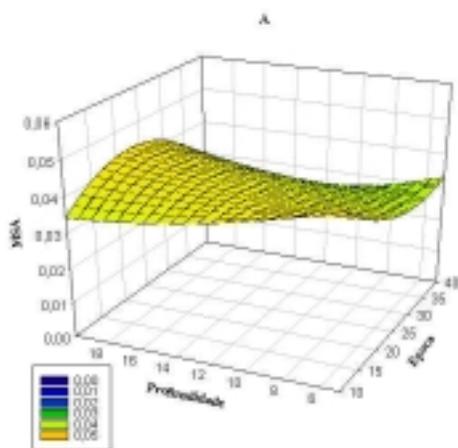
$$R^2=0,96$$



$$Y=-0,0067+0,00127e-2,0E-5e^2+7,54E-4p-4,1E-5p^2-6,89E-5ep+2,07E-6e^2p+3,77E-6ep^2-1,03E-7e^2p^2$$

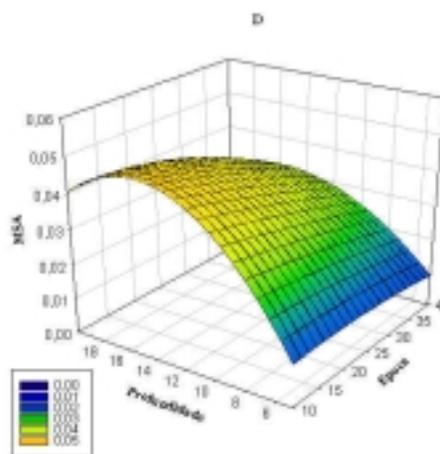
$$R^2=0,99$$

FIGURA 11. Matéria seca da parte aérea (MSA= g planta⁻¹) de aveia tratada com ametryn (A), diuron (D) e oxyfluorfen (O) em várias épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e diferentes profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). UFLA, Lavras-MG, 2002.



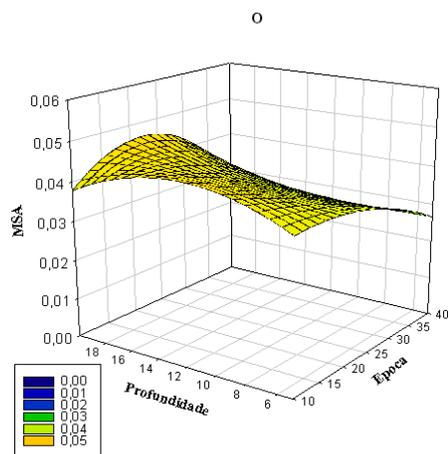
$$Y=0,092-0,00435e+7,86E-5e^2-0,00609p+1,1E-4p^2+5,26E-4ep-1,1E-5e^2p-9,17E-6ep^2+2,19E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,61$$



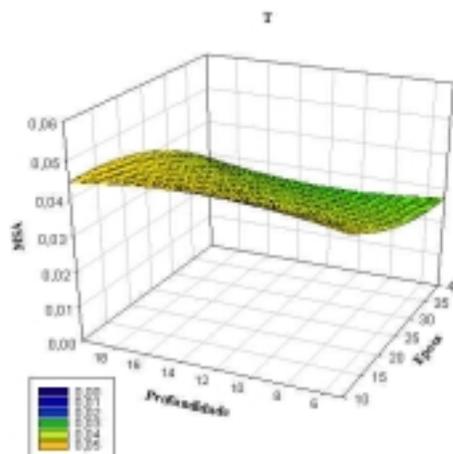
$$Y=-0,0443+0,00129e-1,51E-5e^2+0,0133p-4,61E-4p^2-2,82E-4ep+2,56E-6e^2p+1,2E-5ep^2-1,34E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,90$$



$$Y=0,00129+0,00295e-5,75E-5e^2+0,00868p-3,93E-4p^2-6,51E-4ep+1,07E-5e^2p+3,16E-5ep^2-5,37E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,65$$



$$Y=0,0404-3,55E-4e+3,37E-6e^2+0,0036p-1,79E-4p^2-2,47E-4ep+3,2E-6e^2p+1,45E-5ep^2-2,21E-7e^2p^2$$

$$R^2=0,61$$

FIGURA 12. Matéria seca da parte aérea (MSA= g planta⁻¹) de aveia tratada com ametryn (A), diuron (D), oxyfluorfen (O) e testemunha (T) em várias épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e diferentes profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). E.E Boliche, INIAP, Equador, 2002.

quando comparada com a quantidade de água simulando a chuva durante o processo de incubação, o que aumentou sua adsorção no solo.

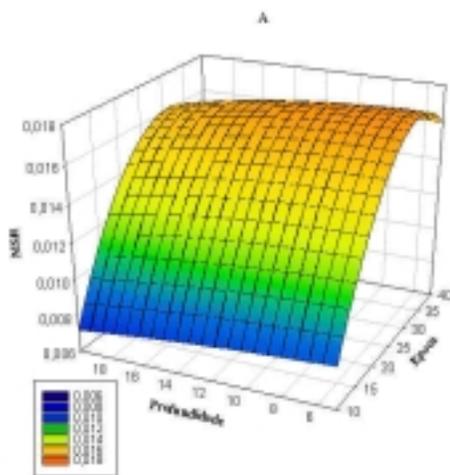
Oxyfluorfen mostrou pouca mobilidade nas diferentes épocas de plantio e profundidades testadas (Figura 12, O), comparado com a testemunha (T, sem herbicida). Isto pode ser explicado como forte sorção no solo por causa das condições ambientais, fato mencionado por Rodrigues & Almeida (1998) e confirmado por Yen et al. (2003) que mencionam que a solubilidade do oxyfluorfen pode ser afetada por condições adversas de temperatura e umidade.

4.3.3 Matéria seca da raiz (MSR)

No peso de matéria seca da raiz (MSR), também foram observadas diferenças entre os tratamentos, mantendo a tendência apresentada nas variáveis estudadas anteriormente.

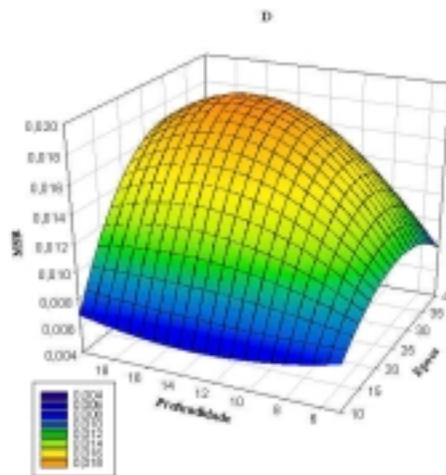
Em Lavras, o ametryn (Figura 13, A) acumulou a menor MSR quando a aveia foi plantada aos 10 daa em todas profundidades, como possível reflexo do dano observado e provocado pela presença do herbicida; porém, o mesmo não foi observado em épocas posteriores, o que pode indicar dissipação do herbicida com o passar do tempo e pela lixiviação inicial no perfil do solo. Isso concorda com o mostrado por Palma (1993) e Blanco (1996), em que ametryn não foi detectado nos dias seguintes à aplicação e a dissipação posterior foi provocada possivelmente por microrganismos.

Diuron (Figura 13, D) apresentou menor MSR em todas as profundidades na época de 10 daa como resultado provável da sua presença, e em épocas posteriores, porém, diminuindo seu efeito com aumento da profundidade, evidenciando sua alta persistência nas condições avaliadas. Fatores tais como alta umidade inicial e baixa temperatura podem ter facilitado



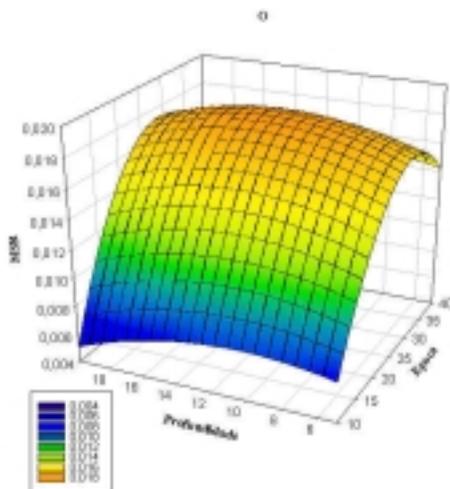
$$Y = -0,0012 + 0,00114e - 1,79E - 5e^2 - 1,95E - 4p + 5,5E - 6p^2 + 2,07E - 5ep - 3,71E - 7e^2p - 9,13E - 7ep^2 + 1,62E - 8e^2p^2$$

$$R^2 = 0,76$$



$$Y = 0,0198 - 0,00119e + 1,65E - 5e^2 - 0,0043p + 1,52E - 4p^2 + 4,47E - 4ep - 7,1E - 6e^2p - 1,56E - 5ep^2 + 2,53E - 7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,91$$



$$Y = -0,0053 + 0,0012e - 1,93E - 5e^2 - 8,07E - 5p - 9,5E - 6p^2 + 7,25E - 5ep - 1,48E - 6e^2p - 1,9E - 6ep^2 + 4,1E - 8e^2p^2$$

$$R^2 = 0,93$$

FIGURA 13. Matéria seca da raiz (MSR= g planta⁻¹) de aveia tratada com ametryn (A), diuron (D) e oxyfluorfen (O) em várias épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e diferentes profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). UFLA, Lavras-MG, 2002.

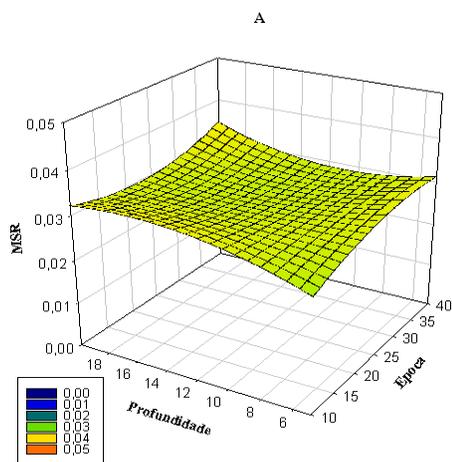
para esse comportamento descrito. Relatos semelhantes são feitos por Bottino-Neto (2001). Duarte et al. (2002), em estudos desenvolvidos em Lagoa da Prata, MG, para determinar o potencial de lixiviação de vários herbicidas de uso em cana-de-açúcar, concluíram que entre vários herbicidas, ametryn e diuron são de fácil lixiviação através do perfil de solo e quando associados a chuvas intensas, podem contaminar águas subterrâneas.

Para oxyfluorfen (Figura 13, O), a MSR apresentou menor valor aos 10 dias até os 20 cm de profundidade, resultado da possível presença do herbicida. Em épocas posteriores, a MSR recuperou patamares normais pela ausência do produto, resultado da dissipação especialmente de ordem fotolítica, segundo sugerido por Vidal (1997) e Yen et al. (2003).

Em Boliche (Figura 14), o ametryn (A) apresentou efeito negativo na produção de MSR, quando o plantio foi feito aos 10 daa. Isso foi reflexo da toxicidade observada, que pode ter diminuído a taxa de crescimento no período de “estresse”, retomando posteriormente o crescimento normal da planta. Porém, foi muito próximo da testemunha, o que concorda com o sugerido por Weller (1995), que assinala que as triazinas não apresentam efeitos diretos no crescimento radicular das plantas sensíveis.

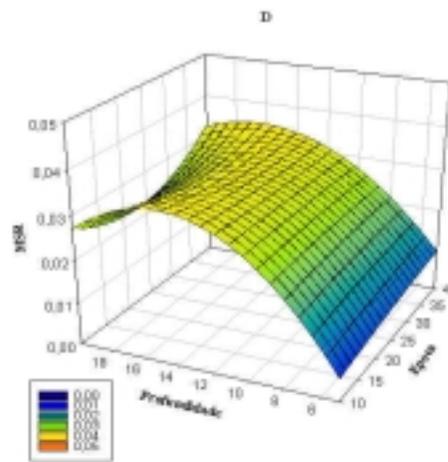
Para o caso de diuron (Figura 14, D), a MSR foi severamente afetada, apresentando queda em todas as épocas de plantio e nos primeiros 0-5 cm de profundidade do solo. Fato justificado por Rodrigues & Almeida (1998), que classificam o diuron como um herbicida de persistência média, ainda em solos com pouca MO, nos quais os processos de degradação ocorrem mais lentamente (Oliveira Junior, 2002). Também pode ser explicado pelo tipo de argila que forma a parte mineral desses solos, sendo do tipo 2:1 montmorilonita a qual apresenta elevada superfície específica e alta capacidade de troca de cátions.

No caso do oxyfluorfen (Figura 14, O), a MSR foi pouco afetada, resultado da baixa toxicidade observada. Em épocas tardias, a perda de vigor do



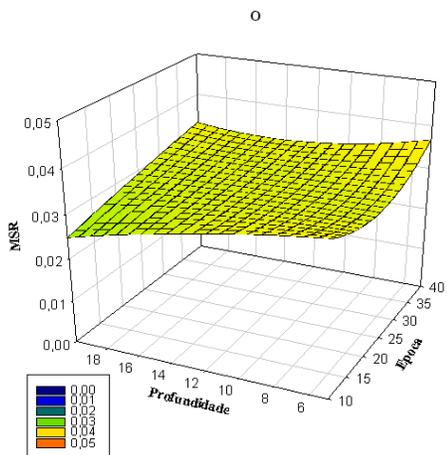
$$Y = -4,33E-4 + 0,0021e-2,93E-5e^2 + 0,00472p - 1,4E-4p^2 - 3,29E-4ep + 4,3E-6e^2p + 9,31E-5ep^2 - 1,01E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,77$$



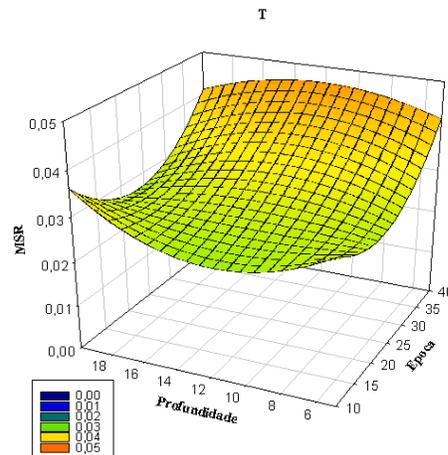
$$Y = -0,0324 + 3,02E-5e + 8,57E-6e^2 + 0,00834p - 2,42E-4p^2 + 7,46E-5ep - 307E-6e^2p - 7,21E-6ep^2 + 2,09E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,89$$



$$Y = 0,0515 - 0,00188e + 4,16E-5e^2 - 0,0016p + 4,93E-6p^2 + 1,74E-4ep - 4,28E-6e^2p - 3,16E-6ep^2 + 1,07E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,63$$



$$Y = 0,089 - 0,00507e + 9,16E-5e^2 - 0,011p + 4,74E-4p^2 + 8,58E-4ep - 1,30E-5e^2p - 3,62E-5ep^2 + 5,54E-7e^2p^2$$

$$R^2 = 0,86$$

FIGURA 14. Matéria seca da raiz (MSR= g planta⁻¹) de aveia tratada com ametryn (A), diuron (D) e oxyfluorfen (O) em várias épocas de plantio (10, 20, 30 e 40 dias) e diferentes profundidades (5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm). E.E Boliche, INIAP, Equador, 2002.

material de plantio pode explicar a menor taxa de produção de matéria seca, segundo o encontrado por Bottino-Neto (2001)

5 CONCLUSOES

A aveia mostrou-se como boa indicadora de resíduos tóxicos biologicamente ativos para os herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen.

Em solos de Lavras, MG, Brasil, o herbicida diuron apresentou maior persistência no solo, afetando a germinação e o crescimento da aveia até os 40 dias após o plantio.

Ametryn e oxyfluorfen apresentaram lixiviação e provocaram redução na germinação e crescimento nas plantas aos 10 dias após aplicação

Em solos de Boliche, Equador, o herbicida diuron apresentou maior persistência e menor capacidade de lixiviação ficando retido na camada superficial do solo.

Em Boliche, Equador, os maiores efeitos tóxicos foram provocados pelos herbicidas diuron e menor grau ametryn afetando a produção de matéria seca total de parte aérea e da raiz da aveia.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, R.; KOOKANA, R. S.; ALSTON, A. M. Sorption of ametryn and imazethapyr in twenty-five soils from Pakistan and Australia. **JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND HEALTH PART B-PESTICIDES FOOD CONTAMINANTS AND AGRICULTURAL WASTES**, v. 36, n. 2, p. 143-160, 2001.

ALEXANDER, M. **Biodegradation and bioremediation**. New York: Academic Press, 1994. 302 p.

BLANCO, F. M. G. **Persistência e lixiviação do herbicida ametrine em solo barrento cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

BORGES, R. J. Propriedades físico-químicas dos defensivos agrícolas e seu destino no ambiente. In: SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: aspectos práticos e ambientais. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. p. 40-50.

BOTTINO-NETO, L. **Persistência de herbicidas em solos com cafeeiros**. 2001. Tese (Doutorado em) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BUOL, S. W. **Genesis y clasificación de suelos**. 2. ed. – Mexico: Trillas, 1990. (reimp. 1991). 417 p.

CARDARELLI, N. **Controlled release pesticide formulation**. Cleveland: CRC Press, 1976. 387 p.

CARTER, A. D. Herbicide movement in soils: pathways and process. **Weed Research**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 113-122, Feb. 2000.

DUARTE, N. F.; KARAM, D.; VALADAO, R. Potencial de lixiviação e percolação de herbicidas aplicados na cana de açúcar no município de Lagoa da Prata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 6., 2002, Gramados. **Resumos...** Gramados: SBCPD, 2002. p. 143.

FERMANICH, K. J.; DANIEL, T. C.; LOWERY, B. Microlisimeter soils columns for evaluating pesticide movement through the root zone. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 1, p. 189-195, Jan./Feb. 1991.

FERRACCIÚ, L. R. Principais atributos dos solos relacionados à dinâmica de defensivos. In: SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: aspectos prático e ambientais, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. p. 6-22.

FOLONI, F. L. Impacto ambiental do uso de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz de Iguaçu, Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2000. p. 52-53.

FREITAS, D R. **Controle químico de plantas daninhas**. Campo Grande, MS: Universidade Católica Dom Bosco, 2002. 25 p.

FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Dados Agroclimatológicos para América y Caribe**. Roma, 1985. Não paginado. (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal.

HAQUE, R.; FREED, V. H. **Environmental dynamics of pesticides**. New York: Plenum Press, 1975. 387 p.

HOROWITZ, M. Application of bioassay techniques to herbicide investigation. **Weed Research**, Oxford, v. 16, n. 3, p. 209-215, June 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AGRICULTURA E MEDIO AMBIENTE. **Manual de testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos**. 2. ed. Brasília, 1990. 351 p.

KLINGMAN, G. C.; ASHTON, F. M. **Weed science: principles and practices**. New York: John Wiley, 1975. 431 p.

MELO, I. S.; SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; MONTEIRO, R. R.; ROSIMIGLIA, A. C. **Degradação de atrazina por fungos filamentosos**. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 1999. 24 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 5)

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Herbicidas em alimentos: aspectos gerais, toxicológicos e analíticos**. São Paulo, 1997. p. 2-5.

MUSUMECI, M. R.; NAKAGAWA, L. E.; LUCHINI, L. C.; MATALLO, M. B.; ANDREA DE; M. M. Degradação do diuron-¹⁴C em solo e plantas de cana

de açúcar (*Saccharum* spp). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 775-778, jun. 1995.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Comportamento de herbicidas nos solos do Brasil. In: REUNIÃO DE PESQUISADORES EM CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS, 14., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2001. p27-57.

PALMA, V. **Efeito das mistura de ametrine e diuron sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas.

PAULO, E. M.; JORGE, J. A.; ARRUDA, F. B.; PATRICIO, F. R. A. Efeitos de algumas características do solo na resposta da planta a doses de herbicida. **Planta Daninha**, Londrina, v. 9, n. 1/2, p. 76-83, 1991.

PEREIRA, S. A. **Atividade de oxifluorfen, 2,4-D e glifosate, em solos de diferentes texturas na presença e na ausência de composto orgânico**. 1994. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Retenção e mobilidade de defensivos agrícolas no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE DINÂMICA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NO SOLO: aspectos prático e ambientais, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. p. 56-69.

PRATA, F. Degradação e sorção de diuron em solos tratados com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 217-223, jan./mar. 2002.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**: Contribuição para uso adequado no plantio direto. 4. ed. Londrina: IAPAR, 1998. 103 p.

SATELMAN, P. W. **Herbicide bioassay**. Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society, 1971. Cap. 6, p. 91-103.

SATELMAN, P. W. Herbicide bioassay. In: TRUELOVE, B. (Ed.). **Research method in weed science**. 2. ed. [S. l]: Southern Weed Science Society, 1977. p. 79-87.

SOULAS, G.; CHAUSSOD, R.; VERGUET, A. Chloroform fumigation technique as a means of determining the size of specialized soil microbial populations: application to pesticide-degrading microorganisms. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 497-501, May 1984.

SPADOTTO, C. A. Monitoramento e avaliação de impactos de herbicidas no ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Palestras....** Gramados, 2002. p. 56.

STORINO, M. **Movimento do herbicida Premelin 600 CE marcado com ¹⁴C-Trifluralina em diferentes solos**. 1994. 81 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

WEBER, J. B.; WHITACRE, D. M. Mobility of herbicides in soil columns under saturated-How conditions. **Weed Science**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 579-584, Dec. 1982.

WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide handbook**. 7. ed. Ed William H. Ahrens, 1994. 352 p.

WELLER, S. C. Photosystem II inhibitors. In: **Herbicide action: an intensive course on the activity, behavior and fate of herbicides in plants**. Indiana: Purdue University, 1995. p. 75-87.

YEN, J. H.; SHEU, W. S.; WANG, Y. S. Dissipation of the herbicide oxifluorfen in subtropical soils and its potential to contaminate groundwater. **Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety**, Palani, v. 54, n. 1/2, p. 151-156, Feb. 2003.

ANEXOS

ANEXO A	Pagina
TABELA 1A. Resumo das análises de variância para germinação 12 dias e toxicidade de plantas de aveia 14 dias após semeadura em quatro épocas e quatro profundidades. E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.....	48
TABELA 2A Resumo das análises de variância para peso seco total (MST), peso seco da parte aérea (MSA) e peso seco raiz (MSR) em plantas de aveia 17 dias após semeadura em quatro épocas e quatro profundidades. UFLA, Lavras-MG, Brasil, 2002.....	49
TABELA 3A. Resumo das análises de variância para peso seco total (MST), peso seco da parte aérea (MSA) e peso seco raiz (MSR) em plantas de aveia 17 dias após semeadura em quatro épocas e quatro profundidades. E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.....	50
TABELA 4A. Resumo de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco total (MST). E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002...	51
TABELA 5A. Resumo de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco da parte aérea (MSA). E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.....	52
TABELA 6A. Resumo de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco raiz (MSR). E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002...	53

TABELA 7A. Resumo de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para a variável peso seco total (MST).UFLA, Lavras-MG, 2002.....	54
TABELA 8A. Resumo de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco da parte aérea (MSA). UFLA, Lavras-MG, 2002.....	55
TABELA 9A. Resumos de análise de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco raiz (MSR). UFLA, Lavras-MG, 2002.....	56

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para germinação aos 12 dias e toxicidade de plantas de aveia 14 dias após semeadura em quatro épocas de plantio e quatro profundidades na E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.

Fonte de Variação	Graus Liberdade	Germinação 12 dias	Toxicidade 14 dias
Bloco (B)	3	0,003884	1,691406
Herbicida (H)	3	0,006134	3564,139323
Época (E)	3	0,003990	91,722656
H*E	9	0,003903	37,097656
Erro 1	45	0,002687	3,416406
Profundidade (P)	3	0,006089	4593,305990
Erro 2	9	0,002773	1,538628
E*P	9	0,002061	75,986545
H*P	9	0,004941	3605,694878
E*H*P	27	0,001954	42,343027
Erro 3	135	0,002794	3,426591
CV 1 (%)	-	1,61	29,37
CV 2 (%)	-	1,63	19,71
CV 3 (%)	-	1,64	29,42

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para peso seco total (MST), peso seco da parte aérea (MSA) e peso seco raiz (MSR) em plantas de aveia 17 dias após semeadura em quatro épocas de plantio e quatro profundidades em UFLA, Lavras-MG, Brasil, 2002.

Fonte de Variação	Graus Liberdade	Peso seco total	Peso seco parte aérea	Peso seco raiz
Bloco (B)	16	0,4613	0,8610	0,243
Tratamentos (HxE)	11	0,0001	0,0001	0,0001
Profundidade (P)	3	0,0001	0,0001	0,0001
Trat x Prof (P)	33	0,002706	0,0362	0,0001
C.V (%)		19,3	21,5	23,6

TABELA 3A. Resumo das análises de variância para peso seco total (MST), peso seco da parte aérea (MSA) e peso seco raiz (MSR) em plantas de aveia 17 dias após semeadura em quatro épocas de plantio e quatro profundidades em E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.

Fonte de Variação	Graus Liberdade	Peso seco total	Peso seco aérea	Peso seco raiz
Bloco (B)	3	0,000016	0,000012	0,000003
Herbicida (H)	3	0,003201	0,000613	0,001111
Época (E)	3	0,002300	0,002820	0,000458
H*E	9	0,000167	0,000068	0,000147
Erro 1	45	0,000080	0,000026	0,000028
Profundidade (P)	3	0,002706	0,000985	0,000543
Erro 2	9	0,000022	0,000024	0,000010
E*P	9	0,000082	0,000181	0,000052
H*P	9	0,002487	0,000710	0,000597
E*H*P	27	0,000072	0,000043	0,000046
Erro 3	135	0,000034	0,000015	0,000016
CV 1 (%)	-	13,96	14,71	18,01
CV 2 (%)	-	7,32	14,24	10,63
CV 3 (%)	-	9,06	11,04	13,63

TABELA 4A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco total (MST) em E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco total		
		H1 ^{n.s.}	H2 **	H3 ^{n.s.}
Intercepto	1	0,1306	0,3065	0,3958
Época (E)	1	0,6606	0,8409	0,8463
Profundidade (P)	1	0,6243	0,9596	0,8837
E ²	1	0,8923	0,1320	0,5273
P ²	1	0,9415	0,2022	0,3861
EP	1	0,8318	0,8631	0,6385
E ² P	1	0,7144	0,9827	0,7467
EP ²	1	0,9970	0,9184	0,4814
E ² P ²	1	0,8693	0,9358	0,5860
R ²	-	-	0,9288	-

** Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

^{n.s.} Não Significativo

TABELA 5A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco da parte aérea (MSA) em E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco aérea		
		H1 ^{n.s.}	H2 **	H3 ^{n.s.}
Intercepto	1	0,1372	0,3803	0,9822
Época (E)	1	0,4138	0,7735	0,5818
Profundidade(P)	1	0,4518	0,8637	0,5855
E ²	1	0,5626	0,1674	0,4241
P ²	1	0,7869	0,2170	0,3624
EP	1	0,5833	0,7312	0,5084
E ² P	1	0,5607	0,8736	0,5783
EP ²	1	0,8063	0,7091	0,4183
E ² P ²	1	0,7668	0,8322	0,4823
R ²	-	-	0,9031	-

** Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

^{n.s.} Não Significativo

TABELA 6A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variáveis peso seco raiz (MSR) em E.E. Boliche, INIAP, Equador, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco raiz		
		H1 ^{n.s.}	H2 **	H3 ^{n.s.}
Intercepto	1	0,9734	0,4397	0,0707
Época (E)	1	0,1063	0,9935	0,4219
Profundidade(P)	1	0,2329	0,9074	0,3694
E ²	1	0,0773	0,2860	0,78276
P ²	1	0,1623	0,4228	0,9781
EP	1	0,1576	0,9130	0,6794
E ² P	1	0,3288	0,8195	0,6057
EP ²	1	0,2932	0,7889	0,8476
E ² P ²	1	0,5527	0,6941	0,7421
R ²	-	-	0,8961	-

** Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

^{n.s.} Não Significativo

TABELA 7A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para a variável peso seco total (MST) em UFLA, Lavras-MG, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco total		
		H1 ^{n.s.}	H2 **	H3 ^{n.s.}
Intercepto	1	0,010633	0,008380	0,011149
Época (E)	1	0,000566	0,000409	0,001008
Profundidade (P)	1	0,000169	0,000318	0,000305
E ²	1	0,00000276	0,000147	0,00000099
P ²	1	0,00000988	0,0000715	0,000025
EP	1	0,00000027	0,0000371	0,00000058
E ² P	1	0,00000012	0,0000208	0,00000465
EP ²	1	0,00000156	0,0000199	0,00000177
E ² P ²	1	0,000004147	0,0000100	0,00000031
R ²	-	0,7615	0,9744	0,988

** Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

^{n.s.} Não Significativo

TABELA 8A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco da parte aérea (MSA) em UFLA, Lavras-MG, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco de parte aérea		
		H1 **	H2 **	H3 **
Intercepto	1	0,002367	0,001868	0,002675
Época (E)	1	0,000150	0,000122	0,0004
Profundidade(P)	1	0,0000269	0,0000619	0,00002919
E ²	1	0,000000029	0,0000388	0,000000091
P ²	1	0,0000069	0,0000115	0,0000057
EP	1	0,000000176	0,00000052	0,000000067
E ² P	1	0,0000000336	0,00000787	0,00000126
EP ²	1	0,00000155	0,00000083	0,00000234
E ² P ²	1	0,00000316	0,00000045	0,00000105
R ²	-	0,763	0,965	0,9909

**Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

TABELA 9A. Resumos de análises de variância para superfície de resposta dos herbicidas ametryn, diuron e oxyfluorfen para variável peso seco raiz (MSR) em UFLA, Lavras-MG, 2002.

Variáveis	Graus Liberdade	Peso seco raiz		
		H1 ***	H2 **	H3 **
Intercepto	1	0,002966	0,00223	0,002901
Época (E)	1	0,000133	0,0000842	0,000138
Profundidade(P)	1	0,00006124	0,000099	0,000145
E ²	1	0,00000336	0,00003498	0,00000048
P ²	1	0,00000026	0,00002562	0,00000682
EP	1	0,000000004	0,0000144	0,000000389
E ² P	1	0,000000006	0,00000314	0,000001013
EP ²	1	0,000000012	0,0000116	0,00000003
E ² P ²	1	0,000000026	0,00000637	0,00000017
R ²	-	0,761	0,917	0,939

***Significativo ao nível de 0,05 de Probabilidade

^{ns.} Não Significativo