

MARCUS VINICIUS DE CASTRO FIGUEIREDO

**SELETIVIDADE, EFICÁCIA E EFEITO RESIDUAL NO SOLO DE MISTURAS
DE HERBICIDAS DERIVADOS DAS IMIDAZOLINONAS, APLICADAS EM
PRÉ E EM PÓS-EMERGÊNCIA, NA CULTURA DO MILHO IMI-Corn**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

A Deus, verdade infalível.

Aos meus pais, Marco Afonso e Solange, com amor e respeito.

Aos meus irmãos, Frederico e Marina, com grande admiração.

À Simone, com muito carinho.

AGRADECIMENTO

A Deus, por estar sempre ao meu lado e por ter-me ajudado a alcançar mais esta vitória.

Aos meus pais e irmãos, sentidos da minha vida.

À Simone, pelo amor e pela dedicação de sempre.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao professor Lino Roberto Ferreira, pela confiança, amizade e orientação.

Aos professores Antônio Alberto da Silva e Francisco Affonso Ferreira, pelo acolhimento, pelo incentivo e pela amizade.

Aos professores João Carlos Cardoso Galvão, Glauco Vieira Miranda, Tocio Sedyama e Ernani Luiz Agnes, pelo apoio e pelas valiosas sugestões.

A todos os professores, pela dedicação e pelos ensinamentos.

Ao técnico Luís Henrique Lopes de Freitas, pela preciosa ajuda e sincera amizade.

À equipe de pós-graduandos e estagiários do Laboratório de Plantas Daninhas, pelo auxílio e pelos agradáveis momentos de convivência.

À Mara, pela amizade.

A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia, pela essencial colaboração.

Aos meus amigos, pelo incentivo, pela compreensão e pelos agradáveis momentos.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a elaboração desta tese.

BIOGRAFIA

MARCUS VINICIUS DE CASTRO FIGUEIREDO, filho de Marco Afonso Figueiredo Caldeira e Solange Barroca de Castro Figueiredo, nasceu em Resplendor, Minas Gerais, em 17 de outubro de 1973.

Em 1992, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em fevereiro de 1997.

De abril a julho de 1997, trabalhou na EMATER-MG, no cargo de Extensionista Agropecuário II.

Em agosto de 1997, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Em dezembro de 1999, retornou para a EMATER-MG, onde vem atuando no cargo de Extensionista Agropecuário II.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Experimentos em condições de campo	8
3.1.1. Experimento 1 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pré-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas	8
3.1.2. Experimento 2 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pós-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas	13
3.2. Experimento em sala de crescimento	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Experimentos em condições de campo	20
4.1.1. Experimento 1 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pré-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas	20

	Página
4.1.2. Experimento 2 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pós-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas	27
4.2. Experimento em sala de crescimento	32
5. RESUMO E CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE	42

RESUMO

FIGUEIREDO, Marcus Vinicius de Castro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2000. **Seletividade, eficácia e efeito residual no solo de misturas de herbicidas derivados das imidazolinonas, aplicadas em pré e em pós-emergência, na cultura do milho IMI-Corn.** Orientador: Lino Roberto Ferreira. Conselheiros: Antônio Alberto da Silva, Glauco Vieira Miranda e João Carlos Cardoso Galvão.

Este trabalho constou de três experimentos, sendo dois em condições de campo e um em sala de crescimento. No experimento 1, conduzido a campo, os herbicidas foram aplicados em pré-emergência do milho, sendo avaliados os seguintes tratamentos: imazethapyr + imazapyr (78,7 + 26,2; 89,2 + 29,7; 69,9 + 35,1; e 79,2 + 39,8 g/ha), imazethapyr + imazapic (70,0 + 35,1; e 79,2 + 39,8 g/ha), imazapic + imazapyr (60,6 + 30,4; 70,0 + 35,1; 68,2 + 22,7; e 78,7 + 26,2 g/ha), atrazine + metolachlor (1.200,0 + 1.800,0 g/ha) e duas testemunhas (com e sem capina). No experimento 2, também conduzido a campo, foram avaliados os tratamentos: imazethapyr + imazapyr (57,7 + 19,2; 68,2 + 22,7; 78,7 + 26,2; 51,2 + 25,7; 60,5 + 30,4; e 69,9 + 35,1 g/ha), imazapic + imazapyr (41,9 + 21,0; 51,2 + 25,7; 60,5 + 30,4; 47,2 + 15,7; 57,7 + 19,2; e 68,2 + 22,7 g/ha), nicosulfuron (48,0 g/ha) e duas testemunhas (com e sem capina), sendo os herbicidas aplicados em pós-emergência do milho. Esses dois experimentos foram conduzidos durante o ano agrícola 1997/98,

em Viçosa, no Estado de Minas Gerais, visando avaliar a seletividade de misturas prontas de herbicidas do grupo das imidazolinonas sobre a cultura do milho IMI-Corn, tolerante a esses herbicidas, e sua eficiência no controle de diferentes espécies de plantas daninhas. No ano de 1998 foram aplicadas, a campo, algumas misturas prontas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, que mostraram resultados promissores quando aplicadas em pré-emergência [imazethapyr + imazapyr (89,2 + 29,7 g/ha), imazapic + imazapyr (70,0 + 35,1 e 78,7 + 26,2 g/ha)]. Com as amostras de solo coletadas em cinco épocas das diferentes parcelas onde foram aplicadas as misturas de herbicidas e da parcela-testemunha sem herbicida foi conduzido, em condições de sala de crescimento, um bioensaio no qual foi utilizado como planta-teste o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), BR 007 (experimento 3), com o objetivo de avaliar o efeito residual das misturas de herbicidas utilizadas. As amostras de solo foram coletadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Os resultados obtidos permitiram concluir que o milho IMI-Corn foi tolerante a todas as misturas de herbicidas aplicadas, nas doses avaliadas, tanto em pré como em pós-emergência. As misturas de herbicidas mostraram ser muito eficientes no controle de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*, mas foram pouco eficientes no de *Brachiaria decumbens*. Aos 120 DAA, nenhuma das três misturas aplicadas a campo afetou o desenvolvimento das plantas de sorgo, indicando o fim da ação residual no solo dessas misturas de herbicidas.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Marcus Vinicius de Castro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2000. **Selectivity, efficiency and soil residual effect of herbicide mixtures derived from imidazolinonas applied in IMI-Corn pre and post emergence.** Adviser: Lino Roberto Ferreira. Committee members: Antônio Alberto da Silva, Glauco Vieira Miranda and João Carlos Cardoso Galvão.

This work consisted of three experiments, two in the field and one in a laboratory. In the first field experiment (pre emergence) was studied the following treatments: imazethapyr + imazapyr (78.7 + 26.2; 89.2 + 29.7; 69.9 + 35.1; and 79.2 + 39.8 g/ha), imazethapyr + imazapic (70.0 + 35.1; and 79.2 + 39.8 g/ha), imazapic + imazapyr (60.6 + 30.4; 70.0 + 35.1; 68.2 + 22.7; and 78.7 + 26.2 g/ha), atrazine + metolachlor (1,200.0 + 1,800.0 g/ha) and controls (with and without weeding). In the second field experiment (post emergence), the following treatments were established: imazethapyr + imazapyr (57.7 + 19.2; 68.2 + 22.7; 78.7 + 26.2; 51.2 + 25.7; 60.5 + 30.4; and 69.9 + 35.1 g/ha), imazapic + imazapyr (41.9 + 21.0; 51.2 + 25.7; 60.5 + 30.4; 47.2 + 15.7; 57.7 + 19.2; and 68.2 + 22.7 g/ha), nicosulfuron (48.0 g/ha) and two controls (with and without weeding). Both experiments were conducted during the 1997-98 agricultural year in Viçosa, Minas Gerais to evaluate the selectivity of pre-mixed herbicides from the imidazolinonas group on IMI-Corn and their

efficiency on several weeds control. Pre-mixed imidazolinonas group herbicide mixtures which shown promising results at pre-emergence [imazethapyr + imazapyr (89.2 + 29.7 g/ha), imazapic + imazapyr (70.0 + 35.1 and 78.7 + 26.2 g/ha)], were applied to field plots. Soil samples from these treated plots were collected at five periods, 0, 30, 60, 90 and 120 days after herbicides application (DAA), and utilized for one bioassay with *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in growth labs with the light, temperature and relative humidity controlled. IMI-Corn was tolerant to all applied pre-mixed herbicide rates at both pre and post emergence. The herbicide mixtures were effective to control *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* and *Brachiaria plantaginea*, but not *Brachiaria decumbens*. At 120 DAA, none of the three applied field mixtures had affected sorghum plants growth, indicating the end of soil herbicide residual effect.

1. INTRODUÇÃO

O milho é cultivado de norte a sul do País, ocupando uma área de 12,2 milhões de hectares, com produtividade média de 2.500 kg/ha de grãos (AGRIANUAL, 2000). Todavia, em algumas regiões do Brasil onde se emprega alta tecnologia, são obtidas produtividades superiores a 5.000 kg/ha.

Uma das causas da baixa produtividade do milho no Brasil é o manejo inadequado das plantas daninhas. Estas competem com a cultura pelos fatores de produção (água, luz e nutrientes), promovem interferência negativa na colheita e, muitas vezes, possuem efeito alelopático, sendo indispensável o controle para evitar perdas tanto quantitativas como qualitativas no momento da colheita (SILVA et al., 1998).

O não-controle das plantas daninhas, dependendo das condições ambientais, da espécie infestante e do grau de infestação, pode reduzir a produção em até 85% (BLANCO, 1982).

Com a adoção do sistema de plantio direto, os herbicidas utilizados em pós-emergência na cultura do milho têm sido muito valorizados. Em conseqüência, as indústrias têm se preocupado em desenvolver novas tecnologias, entre elas novos herbicidas ou híbridos tolerantes aos herbicidas já existentes, visando explorar esse mercado.

Os herbicidas derivados das imidazolinonas, até então recomendados apenas para a cultura da soja, apresentam eficiência sobre diversas espécies

de plantas daninhas infestantes na cultura do milho, consideradas de difícil controle. Por meio do melhoramento genético, a Cyanamid selecionou o milho híbrido IMI-Corn, tolerante a esses herbicidas. Este híbrido de milho apresenta tolerância a muitos herbicidas derivados das imidazolinonas, que possuem boa capacidade de controle de gramíneas e cyperáceas, espécies de controle muito difícil quando infestantes na cultura do milho, principalmente quando se deseja realizar o controle em pós-emergência.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a tolerância do milho IMI-Corn às misturas de herbicidas derivados das imidazolinonas, aplicadas em pré e pós-emergência, a eficiência das misturas no controle de diferentes espécies de plantas daninhas e o seu período residual no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, o milho é cultivado em 12,2 milhões de hectares, tendo atingido uma produção de 30,9 milhões de toneladas de grãos em 1999 e com projeções de colheita de 33,6 milhões de toneladas na safra de 2000 (AGRIANUAL, 2000).

A ocorrência das plantas daninhas se dá durante o ano inteiro. Sua infestação é representada por muitas espécies, emergindo em épocas diferentes, o que dificulta o seu controle (SILVA e KARAM, 1995).

As espécies de plantas daninhas que ocorrem na cultura do milho variam de acordo com a região e com o sistema de plantio. As espécies infestantes mais comuns na cultura do milho, no Brasil, são: *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Eleusine indica*, *Cenchrus echinatus*, *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*, *Cyperus rotundus*, *Panicum maximum*, *Amaranthus* spp., *Ipomoea* spp., *Portulaca oleracea*, *Acanthospermum hispidum*, *Sida* spp., *Richardia brasiliensis*, *Emilia sonchifolia* e *Euphorbia heterophylla* (VICTÓRIA FILHO, 1985)

Os prejuízos causados pelas plantas daninhas não devem ser atribuídos somente à competição que elas exercem sobre a cultura, mas sim ao somatório de fatores de efeitos diretos (competição, alelopatia e interferência na colheita) e indiretos (hospedagem e transmissão de doenças e pragas) (PITELLI, 1985). De acordo com o autor, vários fatores influenciam a

interferência entre as culturas e as plantas daninhas. Alguns são ligados à comunidade infestante em termos de sua composição específica, da densidade e da distribuição das populações na área. Outros são ligados à própria cultura, como espécie cultivada e densidade de semeadura. Os fatores de ambiente como clima, solo e tratos culturais também influenciam essa interação, refletindo-se no grau de interferência, que também é afetado pela época e duração da convivência da cultura com as plantas daninhas.

O controle efetivo das plantas daninhas é fundamental para que sejam obtidos elevada produtividade e produto final de boa qualidade. É necessário manter a cultura do milho sem a interferência das plantas daninhas durante os primeiros 30 dias após a emergência, quando se trabalha com herbicidas aplicados em pré-emergência, ou no período entre 15 e 45 dias após o plantio, quando se utilizam produtos aplicados em pós-emergência da cultura (BLANCO et al., 1976).

As perdas na produtividade da cultura do milho causadas pela interferência de plantas daninhas são pequenas no período inicial (da emergência da cultura até o estágio de seis folhas, com lígula não visível), acentuando-se a partir deste estágio fenológico (SILVA et al., 1998).

Nos últimos anos, tem-se observado grande adesão ao método químico de controle de plantas daninhas na agricultura brasileira, o que tem ocorrido em consequência da escassez de mão-de-obra no meio rural, da tecnificação da agricultura, da descoberta de produtos cada vez mais eficientes e menos tóxicos ao homem e ao meio ambiente e, principalmente, do baixo custo da capina química em relação aos métodos tradicionais de controle de plantas daninhas (COSTA, 1997).

Diversos são os herbicidas e as misturas recomendados para a cultura do milho, sendo a maioria aplicada em pré-emergência, com poucas opções para aplicação em pós-emergência (SILVA e MELHORANÇA, 1991). O alachlor, atrazine, cyanazine, metolachlor e simazine são herbicidas recomendados para aplicação em pré-emergência; o atrazine, bentazon e nicosulfuron são de aplicação em pós-emergência; e o 2,4-D e paraquat são recomendados em aplicações dirigidas.

O uso de herbicidas em aplicações preventivas, como é o caso das aplicações em pré-plantio incorporado (PPI) e em pré-emergência, tem diminuído, enquanto as aplicações em pós-emergência têm aumentado (SILVA e KARAM, 1996).

Muitas espécies de plantas daninhas que são problemas na cultura do milho, como as gramíneas e cyperáceas, são tolerantes aos herbicidas até então registrados para esta cultura. Uma possível solução para o manejo dessas espécies infestantes, de difícil controle na cultura do milho, seria o uso de herbicidas derivados das imidazolinonas, que possuem ação em pré e em pós-emergência e controlam largo espectro de plantas daninhas. Todavia, os cultivares e híbridos de milho existentes até então são sensíveis a esse grupo de herbicidas.

A agricultura moderna está utilizando recursos da biotecnologia para desenvolver novos sistemas de controle de plantas daninhas, obtendo plantas tolerantes a herbicidas, até então, não-seletivos. A Cyanamid selecionou pelo método da seleção massal, nos Estados Unidos da América, o milho IMI-Corn, que apresenta tolerância a alguns herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Essa tolerância é conferida por um gene dominante nuclear (SAARI et al., 1994). A possibilidade do uso de herbicidas do grupo das imidazolinonas na cultura do milho oferecerá aos produtores maior número de opções para o manejo das plantas daninhas (LOUX et al., 1997).

Para a safra 2000/2001 estarão no mercado os híbridos C-806 CL, C-901 CL e C-909 CL, tolerantes às imidazolinonas. Estes híbridos sofrem pequena toxicidade (amarelecimento e necrose das folhas), mas observa-se completa recuperação da cultura 15 dias após a aplicação (AMERICAN CYANAMID COMPANY, 1997).

Em experimento conduzido em Planaltina-DF, avaliando herbicidas derivados das imidazolinonas, aplicados em pré e pós-emergência em milho tolerante (milho IMI-Corn), foi observada total seletividade destes herbicidas às plantas do milho híbrido IMI-Corn nas doses avaliadas (PEREIRA e CARMONA, 2000).

As imidazolinonas foram sintetizadas em 1970 (LOS, 1991). Nos Estados Unidos e no Brasil, a atividade desses herbicidas tem sido avaliada

desde 1981 (BHALLA et al., 1991). Eles atuam inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS) e impedindo a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina em espécies sensíveis (ANDERSON E HIBBERD, 1985). Com a inibição dos aminoácidos essenciais, sérios distúrbios na produção de proteínas são observados, o que interfere no crescimento celular e promove necroses nos meristemas apicais e paralisação do crescimento das plantas (CONGLETON et al., 1987).

Todos esses herbicidas são sistêmicos e de baixa toxicidade para mamíferos. Possuem longa persistência no solo, porém esta é variável com as condições de pH, matéria orgânica, umidade, temperatura e exposição à luz solar e com o grau de sorção do solo (RENNER et al., 1988). A intensidade de sorção do solo aumenta com a elevação do teor de matéria orgânica e com a redução do pH (LOUX et al., 1989; GOETZ et al., 1990; CHE et al., 1992; ARCHÂNGELO et al., 1997) e é influenciada pelo tipo de argila e pelos teores de hidróxido de ferro e alumínio presentes no solo (O'BRYAN et al., 1994).

A adsorção de um herbicida está negativamente correlacionada com a sua atividade no solo; entretanto, quando esta adsorção é muito forte, pode ocorrer menor degradação pelos microrganismos que, às vezes, precisam absorver o produto para metabolizá-lo (COSTA, 1997).

A qualidade, a frequência e a intensidade das chuvas são importantes fatores que influenciam a longevidade dos herbicidas no solo, visto que o teor de umidade influencia os processos químicos e biológicos responsáveis pela dissipação dos herbicidas no ambiente (BURNSIDE e SCHULTZ, 1978). Em anos de deficiência hídrica prolongada e temperaturas baixas, em solos de baixa fertilidade, verifica-se longa persistência dos herbicidas no solo, o que aumenta as possibilidades de problemas de resíduos em culturas posteriores (CAMPBELL et al., 1989).

Em condições edafoclimáticas de Ohio, região produtora de soja dos Estados Unidos, a dissipação de 80% de herbicidas derivados das imidazolinonas no solo ocorre até 60 dias após a aplicação. Todavia, foi necessário período superior a 160 dias para a completa degradação (LOUX et al., 1989).

Em trabalho conduzido em casa de vegetação, com amostras de solo coletadas em Capinópolis, Minas Gerais, COSTA (1997) observou que o imazethapyr, na dose recomendada para a cultura da soja (100 g/ha), causou forte inibição na produção da biomassa seca da parte aérea e da raiz de plantas de sorgo semeadas 90 dias após a aplicação e, no dobro da dose (200 g/ha), causou inibição no crescimento do sorgo semeado 120 dias após a aplicação.

Existem poucas referências na literatura brasileira específicas sobre o comportamento, no solo, dos herbicidas derivados das imidazolinonas. Alguns testes com o imazaquin foram realizados, dos quais se comprova o efeito residual deste herbicida variando de 89 a 180 dias, em função do tipo de solo, das condições climáticas e das doses avaliadas (NOVO et al., 1995; SILVA et al., 1995; KARAM et al., 1996a, b, c; SILVA et al., 1996, 1997).

Trabalhos conduzidos no sentido de avaliar a mobilidade de herbicidas em solos brasileiros, utilizando principalmente a técnica de bioensaios (COSTA, 1997; PIRES et al., 1997; SOUZA, 1998), têm evidenciado a necessidade de avaliação mais detalhada dos fatores que controlam a sorção dessas substâncias pelo solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimentos em condições de campo

Foram conduzidos em Viçosa, Minas Gerais, dois experimentos em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, fase terraço, textura argilosa, cujo resultado das análises química e granulométrica encontra-se no Quadro 1. No primeiro experimento os herbicidas foram aplicados em pré-emergência e no segundo, em pós-emergência da cultura de milho IMI-Corn.

3.1.1. Experimento 1 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pré-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 13 tratamentos, sendo duas testemunhas (com e sem capina), dez misturas prontas de imidazolinonas e uma dose de atrazine + metolachlor (herbicida-padrão) (Quadro 2).

Antes do preparo do solo, predominavam na área experimental as seguintes espécies de plantas daninhas: *Cyperus rotundus*, *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens* e *Ipomoea grandifolia*.

Quadro 1 - Análises química e granulométrica e classificação textural de amostras do solo do local de instalação dos experimentos. Viçosa-MG, 1997 ^{1/}

Análise Química							
Acidez em Água	Mat. Orgânica	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
(pH)	(dag/kg)	----- cmol _c /dm ³ -----			----- mg/dm ³ -----		
6,2	5,5	5,9	0,0	3,5	1,1	17,9	114
SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m			
----- cmol _c /dm ³ -----		----- % -----					
4,89	4,89	10,79	45,3	0,0			
Análise Granulométrica							
Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa				
----- % -----							
48	9	13	30				
Classificação Textural							
Solo Argiloso							

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Acidez em água (pH) – Relação 1:2,5.

Mat. orgânica – carbono orgânico x 1,724 – Walkley-Black.

H + Al - extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0.

Al, Ca, Mg – extrator: KCl – 1 mol/L.

P, K - extrator Mehlich 1.

SB - soma de bases trocáveis.

CTC (t) - capacidade de troca catiônica efetiva.

CTC (T) - capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

v - índice de saturação de bases.

m - índice de saturação de alumínio.

Quadro 2 - Tratamentos avaliados no experimento 1, onde os herbicidas foram aplicados em pré-emergência do milho. Viçosa - MG, 1997

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Especificação dos Tratamentos
Testemunha sem capina	---	---	Mantida sem controle de plantas daninhas
Testemunha com capina	---	---	Duas capinas com enxada (10 e 30 dias após a emergência)
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	{Imazethapyr (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	Idem
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	{Imazethapyr (46,6%) + Imazapyr (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	79,2 + 39,8	170	Idem
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	70,0 + 35,1	150	{Imazethapyr (46,6%) + Imazapic (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	79,2 + 39,8	170	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,6 + 30,4	130	{Imazapic (46,6%) + Imazapyr (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	{Imazapic (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	Idem
Atrazine + Metolachlor ^{4/}	1.200,0 + 1.800,0	6.000	{Atrazine (20%) + Metolachlor (30%) + inertes (50%)} / L

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{3/} Nome comercial: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{4/} Nome comercial: Primestra. Produto formulado em suspensão concentrada (SC), contendo 500 g do ingrediente ativo/L.

A área experimental foi preparada com uma aração e uma gradagem. Logo em seguida, realizou-se o sulcamento do terreno e demarcaram-se as parcelas experimentais.

As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 5 m lineares, espaçadas entre si de 1 m (20 m²). A área útil considerada foi de 8 m² (duas fileiras centrais, menos 0,5 m de cada extremidade).

Foi feita adubação com 350 kg/ha da formulação 4-14-8 no plantio e 200 kg/ha de sulfato de amônio parcelados em duas coberturas, sendo a primeira quando o milho estava no estágio de desenvolvimento de quatro a cinco folhas e a segunda quando estava com oito a dez folhas completamente desenvolvidas (30 e 60 dias após a emergência, respectivamente).

Foram utilizadas sementes do milho híbrido IMI-Corn, proveniente da Empresa Cyanamid, cujo plantio foi realizado em 19 de novembro de 1997, tendo sido colocadas cinco sementes por metro de sulco, a uma profundidade de 3 a 5 cm.

Para aplicação dos herbicidas, utilizou-se pulverizador costal de pressão constante (CO₂), munido de barra de 2 m, equipada com quatro bicos tipo leque 110-03 vs. Durante a aplicação, manteve-se a pressão constante em 3,0 kgf/cm², aplicando-se o equivalente a 200 L/ha de calda no sentido das fileiras de plantio de milho. A aplicação foi feita no período da manhã, três dias após o plantio. O solo estava úmido, o céu claro, com aproximadamente 50% de cobertura de nuvens, a umidade relativa em torno de 83%, a temperatura do ar era de 25 °C e o vento estava fraco.

Até 60 dias, com o objetivo de atender às necessidades hídricas da cultura, sempre que necessário, aplicou-se irrigação suplementar por aspersão.

Foram realizadas duas capinas mecânicas, com enxada (10 e 30 dias após a emergência das plantas de milho), nas parcelas-testemunha com capina.

A toxicidade dos herbicidas sobre as plantas de milho foi avaliada visualmente aos 10, 17, 31 e 45 dias após a aplicação dos herbicidas, tendo sido atribuídas notas de 0 a 100%, em que zero indicou ausência de toxicidade e 100 a morte das plantas de milho (Quadro 3). Também foram realizadas avaliações visuais da eficiência dos herbicidas, em relação à testemunha

Quadro 3 - Conceitos atribuídos à toxicidade de herbicidas, segundo a escala adaptada do EWRC

Toxicidade (%)	Interpretação
0 – 10	Nulo
11 – 20	Muito leve
21 – 30	Leve
31 – 60	Moderado
61 – 70	Forte
71 – 90	Muito forte
91 – 100	Morte

Fonte: FRANS (1972).

lateral (faixa sem aplicação), no controle das plantas daninhas aos 17, 31 e 45 dias após a aplicação dos herbicidas, tendo sido atribuídas notas de 0 a 100%, em que zero indicou nenhum controle e 100 o controle total das plantas daninhas (Quadro 4).

No dia anterior ao da colheita do milho, realizou-se avaliação visual das espécies de plantas daninhas presentes na área, determinando-se o seu percentual de infestação. Também nesta ocasião, avaliou-se a altura de inserção da primeira espiga e das plantas de milho. Após a colheita, realizada manualmente no dia 23 de março de 1998, determinou-se a produtividade de grãos por tratamento, corrigida para 13% de umidade. Para determinação da produtividade de grãos, foram considerados três dos quatro blocos experimentais, em virtude da ocorrência de erro operacional na colheita.

Para todas as características foram avaliadas as pressuposições da análise de variância. Para as características que atenderam aos quesitos básicos para esta análise foi utilizado o teste de Tukey a 5%, para comparação das médias. Para aquelas que não atenderam a esses quesitos, mesmo depois de transformadas, foram realizadas análises descritivas dos resultados.

Quadro 4 - Conceitos atribuídos à eficiência visual de controle de plantas daninhas, segundo a escala da ASOCIACIÓN LATINO-AMERICANA DE MALEZAS (1974)

Controle (%)	Conceito
0 – 40	Muito ruim
41 – 60	Ruim
61 – 70	Regular
71 – 80	Bom
81 – 90	Muito bom
91 – 100	Ótimo

Fonte: ASOCIACIÓN... (1974).

3.1.2. Experimento 2 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pós-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas

Este experimento foi conduzido em área ao lado do experimento 1, sendo todas as operações de preparo de solo, adubação, plantio e irrigação, bem como o tamanho das parcelas experimentais, semelhantes para ambos os experimentos e realizadas no mesmo dia. Também, as espécies daninhas presentes antes do preparo do solo eram as mesmas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 15 tratamentos, sendo duas testemunhas (com e sem capina), 12 misturas prontas de imidazolinonas e um tratamento-padrão (nicosulfuron) (Quadro 5).

A aplicação dos herbicidas foi feita quando as plantas de milho estavam no estágio de três a quatro folhas completamente desenvolvidas (22 dias após o plantio). Foram utilizados os mesmos equipamentos e volumes de calda descritos no experimento 1. A aplicação foi realizada no período da manhã. O solo estava úmido, o céu nublado, com aproximadamente 80% de cobertura de nuvens, a umidade relativa em torno de 85%, a temperatura do ar era de 22 °C e a velocidade do vento estava próxima de zero.

Quadro 5 - Tratamentos avaliados no experimento 2, onde os herbicidas foram aplicados em pós-emergência do milho. Viçosa - MG, 1997

Tratamentos	Dose (g i.a./ha)	Dose (g p.c./ha)	Especificações dos Tratamentos
Testemunha sem capina	---	---	Mantida sem controle de plantas daninhas
Testemunha com capina	---	---	Duas capinas com enxada (10 e 30 dias após o plantio)
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	57,7 + 19,2	110	{Imazethapyr (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	68,2 + 22,7	130	Idem
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	Idem
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	{Imazethapyr (46,6%) + Imazapyr (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	Idem
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	41,9 + 21,0	90	{Imazapic (46,6%) + Imazapyr (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	47,2 + 15,7	90	{Imazapic (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	57,7 + 19,2	110	Idem
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	Idem
Nicosulfuron ^{4/}	48,0	1.200	{Nicosulfuron (4,0%) + inertes (96,0%)} / L

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{3/} Nome comercial: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{4/} Nome comercial: Sanson. Produto formulado em suspensão concentrada (SC), contendo 40 g do ingrediente ativo/L.

As capinas mecânicas, com enxada, das parcelas do tratamento-testemunha com capina foram realizadas aos 10 e 30 dias após a emergência do milho.

As avaliações visuais de toxicidade às plantas de milho e eficiência dos herbicidas no controle das plantas daninhas foram feitas aos 25 e 46 dias após a aplicação dos herbicidas, seguindo a mesma metodologia descrita no experimento 1.

Como no experimento 1, no dia anterior ao da colheita do milho, realizada no mesmo dia, determinou-se a porcentagem de cobertura do solo com plantas daninhas e, também, avaliou-se a altura de inserção da primeira espiga e das plantas de milho. Após a colheita determinou-se a produtividade de grãos por tratamento, corrigida para 13% de umidade. Para determinação da produtividade, foram considerados três dos quatro blocos experimentais, por causa da ocorrência de erro operacional na colheita.

Para todas as características foram avaliadas as pressuposições da análise de variância. Para as características que atenderam aos quesitos básicos para esta análise, realizou-se o teste de Tukey a 5%, para comparação das médias. Para aquelas que não atenderam a esses quesitos, mesmo depois de transformadas, foram realizadas análises descritivas dos resultados.

3.2. Experimento em sala de crescimento

Visando avaliar o efeito residual de misturas prontas de herbicidas do grupo das imidazolinonas que apresentaram resultados promissores quando aplicadas em pré-emergência no experimento 1, conduziu-se esse experimento em sala de crescimento. Para isto, em outubro de 1998, em Viçosa, Minas Gerais, as misturas de herbicidas (Quadro 6) foram aplicadas a campo, de onde foram retiradas amostras de solo em intervalos de 30 dias. O resultado das análises química e granulométrica desse solo encontra-se no Quadro 7.

Quadro 6 - Tratamentos avaliados no bioensaio em sala de crescimento. Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência. Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Especificação dos Tratamentos
Testemunha	---	---	---
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	{Imazethapyr (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	{Imazapic (46,6%) + Imazapyr (23,4%) + inertes (30%)} / kg
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	{Imazapic (52,5%) + Imazapyr (17,5%) + inertes (30%)} / kg

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

^{3/} Nome comercial: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG), contendo 700 g do ingrediente ativo/kg.

Logo após o preparo do solo, uma aração e uma gradagem, foram demarcadas as parcelas experimentais, constituídas de 20 m² de área total, 4 m de largura por 5 m de comprimento, e 8 m² de área útil.

Em seguida, realizou-se a aplicação dos herbicidas, utilizando a mesma tecnologia adotada no experimento 1. A aplicação foi feita no período da manhã. O solo estava úmido, o céu claro, com aproximadamente 40% de cobertura de nuvens, a umidade relativa em torno de 80%, a temperatura do ar era de 25 °C e o vento estava fraco.

A cada intervalo de 30 dias foram retiradas amostras de solo das parcelas experimentais onde haviam sido aplicados os herbicidas e das parcelas-testemunha sem herbicida. Com este material de solo, foi conduzido um bioensaio em sala de crescimento. Como planta indicadora utilizou-se o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), altamente sensível às imidazolinonas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no arranjo parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos e as subparcelas pelas épocas de coletas de amostras de solo.

Quadro 7 - Resultado das análises química e granulométrica e classificação textural do solo onde os herbicidas foram aplicados para o experimento em sala de crescimento. Viçosa – MG, 1998 ^{1/}

Análise Química							
Acidez em Água	Mat. Orgânica	H + Al	Al	Ca	Mg	P	K
(pH)	(dag/kg)	----- cmol _c /dm ³ -----			----- mg/dm ³ -----		
6,0	5,0	4,3	0,0	3,1	1,3	25,7	66
SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m			
----- cmol _c /dm ³ -----		----- % -----					
4,57	4,57	8,87	51,5	0,0			
Análise Granulométrica							
Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa				
----- % -----							
61	21	8	10				
Classificação Textural							
Solo Muito Argiloso							

^{1/} Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Acidez em água (pH) - relação 1:2,5.

Mat. orgânica - carbono orgânico x 1,724 – Walkley-Black.

H + Al - extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0.

Al, Ca, Mg - extrator: KCl – 1 mol/L.

P, K - extrator Mehlich 1.

SB - soma de bases trocáveis.

CTC (t) - capacidade de troca catiônica efetiva.

CTC (T) - capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

v - índice de saturação de bases.

m - índice de saturação de alumínio.

As amostras de solo foram coletadas em cinco épocas (0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos herbicidas), à profundidade de 0-10 cm e em três pontos ao acaso dentro da área útil de cada parcela, obtendo-se uma amostra composta por parcela.

Essas amostras foram então homogeneizadas, secas ao ar, peneiradas e colocadas em vasos plásticos com capacidade de 0,30 dm³, recobertos internamente com sacos transparentes de polietileno. Em seguida, foram semeadas, em cada vaso, 15 sementes da planta-teste sorgo BR 007, os quais foram acondicionados em sala de crescimento com luz, temperatura e umidade relativa do ar controlados. As temperaturas máxima e mínima foram mantidas em 32 e 26 °C, respectivamente, a umidade relativa do ar em 72%, o fotoperíodo fixado em 12 horas e a luminosidade, obtida por iluminação artificial, em 350 LUX. A umidade do solo nos vasos foi sempre mantida em torno de 80% da capacidade de campo, realizando-se para isto duas irrigações diárias durante todo o período de condução do bioensaio, sendo o volume de água completado até que o peso de cada vaso atingisse o peso predeterminado em laboratório.

Cinco dias após a emergência das plantas de sorgo realizou-se o desbaste, deixando oito plantas por vaso. Foram realizadas quatro adubações, em cada época, na concentração de 3 g por litro na água de irrigação, com adubo foliar composto por 15% de nitrogênio (N total); 15% de fósforo (P₂O₅ sol. cit. neutro de amônio + água); 20% de potássio (K₂O solúvel em água); 1,1% de cálcio; 4% de enxofre; 0,4% de magnésio; 0,05% de zinco; 0,05% de boro; 0,1% de ferro e 0,03% de manganês.

Aos 17 dias após a semeadura do sorgo, para cada época de amostragem de solo, fez-se a avaliação visual dos sintomas de toxicidade dos herbicidas sobre a parte aérea das plantas-teste, atribuindo notas de 0 a 100%, sendo zero para nenhuma toxicidade e 100 para a morte das plantas (Quadro 3). Nessa mesma data, as plantas de sorgo foram colhidas, separando-se a parte aérea do sistema radicular. Todo o material foi seco em estufa a 72°C, até peso constante, para determinação da biomassa seca da raiz e da parte aérea.

Os dados de biomassa foram transformados em valores percentuais em relação ao tratamento-testemunha de cada época, adotando-se o valor referencial de 100% para a média das quatro repetições da testemunha de cada época.

Após essa transformação, fez-se a análise de regressão para as características avaliadas, tendo os modelos sido selecionados em função da significância do quadrado médio da regressão, do coeficiente de determinação, do teste “t” de significância dos parâmetros e da explicação biológica para o modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimentos em condições de campo

4.1.1. Experimento 1 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pré-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas

Foram realizadas análises descritivas dos resultados para as características: emergência das plantas de milho, toxicidade às plantas de milho, porcentagem de controle de plantas daninhas e porcentagem de cobertura do solo com plantas daninhas, uma vez que estas não atenderam aos quesitos de análise de variância. Para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos de milho, realizou-se a análise de variância.

A emergência das plantas de milho IMI-Corn foi normal em todos os tratamentos avaliados (dados não-apresentados).

No Quadro 8 estão apresentadas as porcentagens de toxicidade às plantas do milho IMI-Corn nos diferentes tratamentos.

Quadro 8 - Médias da porcentagem de toxicidade dos herbicidas às plantas de milho aos 10 e 17 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Experimento 1: herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Toxicidade (%)	
			10 DAT	17 DAT
Testemunha sem capina	---	---	0 N	0 N
Testemunha com capina	---	---	0 N	0 N
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	5 N	0 N
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	10 N	0 N
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	15 ML	0 N
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	79,2 + 39,8	170	15 ML	0 N
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	70,0 + 35,1	150	19 ML	0 N
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	79,2 + 39,8	170	23 L	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,6 + 30,4	130	2 N	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	13 ML	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	18 ML	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	19 ML	0 N
Atrazine + Metolachlor ^{4/}	1.200,0 + 1.800,0	6.000	5 N	0 N

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Primestra. Produto formulado em solução concentrada (SC).

Conceitos de toxicidade: N - nulo; ML - muito leve; L - leve; MD - moderado; F - forte; MF - muito forte; e M - morte.

Essa toxicidade, nos tratamentos envolvendo misturas de imidazolinonas, variou de 2 a 23% aos dez dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), desaparecendo totalmente aos 17 DAT. A maior toxicidade (23%) foi observada no tratamento imazethapyr + imazapic, na dose de 79,2 + 39,8 g/ha.

No Quadro 9 estão as porcentagens de controle das plantas daninhas. Verifica-se que as misturas imazethapyr + imazapyr, imazethapyr + imazapic e imazapic + imazapyr, em todas as doses avaliadas, apresentaram controle variando de bom a ótimo de *Cyperus rotundus* aos 17 DAT e de muito bom a ótimo aos 45 DAT. Controle igual ou acima de 95% de *Cyperus rotundus* foi obtido com: imazethapyr + imazapyr (89,2 + 29,7 g/ha); imazethapyr + imazapic (79,2 + 39,8 g/ha); imazapic + imazapyr (70,0 + 35,1 g/ha); imazapic + imazapyr (68,2 + 22,7 g/ha); e imazapic + imazapyr (78,7 + 26,2 g/ha). As notas atribuídas ao controle de plantas daninhas pelas misturas de imidazolinonas aos 45 DAT foram superiores às atribuídas aos 17 DAT, uma vez que nesta época as plantas daninhas das parcelas-testemunha sem herbicida estavam no estágio inicial de desenvolvimento e aos 45 DAT as parcelas-testemunha sem herbicida estavam completamente infestadas com plantas daninhas.

Ipomoea grandifolia teve controle ótimo aos 17 e 45 DAT por quase todas as misturas de imidazolinonas aplicadas, nas doses avaliadas, com exceção das misturas imazethapyr + imazapyr, na dose 79,2 + 39,8 g/ha (controle muito bom aos 17 e 45 DAT), e imazapic + imazapyr (60,6 + 30,4 g/ha), que realizou controle muito bom aos 45 DAT (Quadro 9).

Dentre os tratamentos envolvendo misturas de imidazolinonas, a melhor eficiência de controle de *Brachiaria decumbens* (91%) aos 45 DAT foi observada no tratamento imazapic + imazapyr na dose 68,2 + 22,7 g/ha, que foi semelhante àquela proporcionada pela mistura-padrão atrazine + metolachlor (94%). Todas as misturas, nas doses avaliadas, proporcionaram ótimo controle de *Brachiaria plantaginea* (Quadro 9).

Quadro 9 - Médias da porcentagem de controle de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* aos 17 e 45 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Experimento 1 - herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Controle (%)								
			<i>C. rotundus</i>		<i>I. grandifolia</i>		<i>B. decumbens</i>		<i>B. plantaginea</i>		
			17 DAT	45 DAT	17 DAT	45 DAT	17 DAT	45 DAT	17 DAT	45 DAT	
Testemunha sem capina	---	---	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR
Imazethapyr+Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	71 B	85 MB	99 O	92 O	89 MB	61 Rg	96 O	98 O	
Imazethapyr+Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	93 O	97 O	100 O	91 O	88 MB	75 B	91 O	97 O	
Imazethapyr+Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	85 MB	87 MB	99 O	91 O	92 O	70 Rg	99 O	95 O	
Imazethapyr+Imazapyr ^{2/}	79,2 + 39,8	170	88 MB	93 O	88 MB	88 MB	91 O	78 B	98 O	93 O	
Imazethapyr+Imazapic ^{2/}	70,0 + 35,1	150	92 O	94 O	99 O	94 O	94 O	78 B	100 O	97 O	
Imazethapyr+Imazapic ^{2/}	79,2 + 39,8	170	88 MB	95 O	100 O	91 O	91 O	85 MB	99 O	97 O	
Imazapic+Imazapyr ^{2/}	60,6 + 30,4	130	84 MB	92 O	100 O	90 MB	96 O	80 B	100 O	94 O	
Imazapic+Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	90 MB	97 O	100 O	95 O	97 O	88 MB	100 O	99 O	
Imazapic+Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	93 O	97 O	98 O	96 O	97 O	91 O	100 O	99 O	
Imazapic+Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	95 O	99 O	98 O	94 O	98 O	85 MB	100 O	99 O	
Atrazine+Metolachlor ^{4/}	1.200,0 + 1.800,0	6.000	8 MR	13 MR	92 O	79 B	100 O	94 O	100 O	99 O	

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Primavera. Produto formulado em solução concentrada (SC)

Conceitos de controle: MR – muito ruim; R – ruim; Rg – regular; B – bom; MB – muito bom; e O – ótimo.

O Quadro 9 mostra que a mistura-padrão (atrazine + metolachlor), na dose 1.200,0 + 1.800,0 g/ha, aos 45 DAT, promoveu controle muito ruim de *Cyperus rotundus*, bom de *Ipomoea grandifolia* e ótimo (maior que 91%) de *Brachiaria plantaginea* e *Brachiaria decumbens*, resultado semelhante ao observado por PEREIRA e CARMONA (2000).

No Quadro 10 estão apresentadas as porcentagens de cobertura do solo com plantas daninhas, em diferentes épocas de avaliação. Verifica-se que até aos 45 DAT as misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas proporcionaram menor cobertura, ou seja, maior controle de plantas daninhas que o tratamento-padrão (atrazine + metolachlor), com exceção das misturas imazethapyr + imazapyr na dose 79,2 + 39,8 g/ha e da mistura imazapic + imazapyr na dose (60,6 + 30,4 g/ha. Todavia, na época da colheita (127 DAT), a mistura atrazine + metolachlor proporcionou menor cobertura do solo que os demais tratamentos, em razão do melhor controle de *Brachiaria decumbens* proporcionado por este tratamento. Em experimento conduzido em Brasília-DF, no ano agrícola 1997/98, PEREIRA e CARMONA (2000) obtiveram resultados semelhantes quanto à eficácia de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas no controle de *Brachiaria decumbens*. Os autores verificaram que apenas a mistura imazethapyr + imazapic (80,0 + 40,0 g/ha) proporcionou ótimo controle (93%) de *Brachiaria decumbens* aos 60 DAT e no dia da colheita do milho (91%), que não diferiu do controle proporcionado pela mistura atrazine + metolachlor (1.300,0 + 1.950,0 g/ha) (96 e 94%, respectivamente).

No Quadro 11 estão apresentados os dados de altura de plantas, altura da primeira espiga, produtividade de grãos e produtividade em relação à testemunha com capina.

As alturas de plantas de milho foram semelhantes para os tratamentos do grupo das imidazolinonas e o tratamento-padrão (Quadro 11).

Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, em relação à altura de inserção da primeira espiga de milho (Quadro 11).

Quanto à produtividade de grãos, verificou-se efeito significativo dos tratamentos, tendo as maiores produtividades de grãos sido observadas nos

Quadro 10 - Médias da porcentagem de cobertura total do solo com plantas daninhas aos 17, 31, 45 e 127 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Experimento 1 - herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Cobertura Total do Solo com Plantas Daninhas (%)			
			17 DAT	31 DAT	45 DAT	127 DAT
Testemunha sem capina	---	---	50	73	100	100
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	15	15	8	69
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	5	7	8	75
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	16	13	14	83
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	79,2 + 39,8	170	14	19	17	79
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	70,0 + 35,1	150	11	7	7	66
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	79,2 + 39,8	170	10	5	6	48
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,6 + 30,4	130	13	10	16	65
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	7	4	3	44
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	4	3	5	46
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	6	4	3	44
Atrazine + Metolachlor ^{4/}	1.200,0 + 1.800,0	6.000	21	23	16	29

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Primestra. Produto formulado em solução concentrada (SC).

Quadro 11 - Médias da altura de plantas, altura da primeira espiga, da produtividade de grãos e da porcentagem de produtividade em relação à testemunha com capina. Experimento 1 - herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Altura de Plantas (m)	Altura da Primeira Espiga (m)	Produtividade de Grãos (kg/ha)	Produtividade em Relação à Testemunha com Capina (%)
Testemunha sem capina	---	---	1,90 b	0,83 a	3.240 b	47
Testemunha com capina	---	---	2,12 a b	0,93 a	6.862 a	100
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	2,15 a b	0,97 a	6.234 a	91
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	2,16 a	0,95 a	5.174 a b	75
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	2,13 a b	0,97 a	4.719 a b	69
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	79,2 + 39,8	170	2,19 a	1,00 a	5.105 a b	74
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	70,0 + 35,1	150	2,17 a	1,02 a	5.850 a b	85
Imazethapyr + Imazapic ^{2/}	79,2 + 39,8	170	2,15 a b	0,99 a	5.665 a b	83
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,6 + 30,4	130	2,14 a b	0,99 a	4.549 a b	66
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	2,20 a	1,02 a	6.215 a	91
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	2,20 a	1,00 a	5.442 a b	79
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	2,22 a	1,02 a	6.128 a b	89
Atrazine + Metolachlor ^{4/}	1.200,0 + 1.800,0	6.000	2,06 a b	0,92 a	5.528 a b	81
CV (%)	---	---	4,77	8,18	18,23	---

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Primestra. Produto formulado em solução concentrada (SC).

* As médias de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

tratamentos-testemunha capinada (6.862 kg/ha), imazethapyr + imazapyr na dose 78,7 + 26,2 g/ha (6.234 kg/ha) e imazapic + imazapyr na dose 70,0 + 35,1 g/ha (6.215 kg/ha). Embora a produtividade de grãos desses tratamentos tenha diferido da obtida no tratamento-testemunha sem capina (3.240 kg/ha), não diferiu da obtida nos tratamentos que continham as misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas ou de atrazine + metolachlor. O tratamento-testemunha sem capina apresentou produtividade 53% inferior à obtida no tratamento-testemunha com capina (Quadro 11). Resultados semelhantes foram encontrados por PEREIRA e CARMONA (2000), que observaram uma redução de 44% na produtividade do milho por causa da interferência das plantas daninhas.

4.1.2. Experimento 2 - Efeitos de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pós-emergência, sobre a cultura do milho IMI-Corn e no controle de plantas daninhas

Foram realizadas análises descritivas dos resultados para as características: toxicidade às plantas de milho, porcentagem de controle de plantas daninhas e porcentagem de cobertura do solo com plantas daninhas, uma vez que estas não atenderam aos quesitos da análise de variância. Para altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos de milho realizou-se a análise de variância, não tendo sido detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Nesse experimento, não foi observado nenhum sintoma de toxicidade dos herbicidas utilizados às plantas do milho IMI-Corn. Todas as avaliações de toxicidade, realizadas aos 28 e 46 DAT, receberam nota zero.

No Quadro 12 observa-se a porcentagem de controle das plantas daninhas. Quase todas as misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas proporcionaram ótimo controle (acima de 91%) de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea* aos 28 e 46 DAT, com exceção da mistura

Quadro 12 - Médias da porcentagem de controle de de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* aos 28 e 46 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Experimento 2 - herbicidas aplicados em pós-emergência, Viçosa-MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Controle (%)							
			<i>C. rotundus</i>		<i>I. grandifolia</i>		<i>B. decumbens</i>		<i>B. plantaginea</i>	
			28 DAT	46 DAT	28 DAT	46 DAT	28 DAT	46 DAT	28 DAT	46 DAT
Testemunha sem capina	---	---	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR	0 MR
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	57,7 + 19,2	110	93 O	93 O	100 O	95 O	90 MB	74 B	97 O	97 O
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	68,2 + 22,7	130	94 O	97 O	99 O	93 O	80 B	80 B	99 O	99 O
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	96 O	97 O	98 O	93 O	75 B	76 B	99 O	98 O
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	93 O	89 MB	97 O	94 O	69 Rg	74 B	96 O	96 O
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	94 O	95 O	98 O	99 O	66 Rg	73 B	96 O	96 O
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	97 O	92 O	100 O	99 O	74 B	81 MB	98 O	97 O
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	41,9 + 21,0	90	96 O	95 O	99 O	96 O	76 B	68 Rg	98 O	97 O
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	97 O	98 O	100 O	98 O	81 MB	88 MB	97 O	99 O
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	98 O	99 O	99 O	99 O	86 MB	84 MB	98 O	99 O
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	47,2 + 15,7	90	97 O	98 O	98 O	93 O	40 MR	65 Rg	93 O	95 O
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	57,7 + 19,2	110	96 O	98 O	97 O	95 O	36 MR	71 B	97 O	98 O
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	97 O	97 O	100 O	99 O	75 B	76 B	97 O	99 O
Nicosulfuron ^{4/}	48,0	1.200	26 MR	20 MR	86 MB	47 R	96 O	98 O	98 O	99 O

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Sanson. Produto formulado em solução concentrada (SC).

Conceitos de controle: MR – muito ruim; R – ruim; Rg – regular; B – bom; MB – muito bom; e O – ótimo.

imazethapyr + imazapyr na dose 51,2 + 25,7 g/ha, que realizou controle muito bom (89%) de *Cyperus rotundus* aos 46 DAT.

As misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas não se mostraram eficientes no controle de *Brachiaria decumbens*. Estas misturas proporcionaram controle que variou de muito ruim (36%) a muito bom (90%), devendo-se ressaltar que, aos 46 DAT, a melhor eficiência de controle (88%) observada foi proporcionada pela mistura imazapic + imazapyr na dose de 51,2 + 25,7 g/ha (Quadro 12). Resultados semelhantes foram observados por PEREIRA e CARMONA (2000), que verificaram controle ineficiente de *Brachiaria decumbens* por misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, sendo o tratamento imazethapyr + imazapyr (70,0 + 35,0 g/ha) o que apresentou melhor controle aos 60 DAT (80%).

O nicosulfuron, herbicida-padrão, na dose 48,0 g/ha, promoveu ótimo controle de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* tanto aos 28 como aos 46 DAT (controle maior que 91%), entretanto foi ineficiente no controle de *Ipomoea grandifolia* e de *Cyperus rotundus*, promovendo, aos 46 DAT, controle ruim (47%) e muito ruim (20%), respectivamente (Quadro 12).

Os efeitos dos tratamentos sobre o controle total de plantas daninhas, em diferentes épocas de avaliação, podem ser observados no Quadro 13. Verifica-se que, até 28 DAT, todos os tratamentos que continham misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas proporcionaram menor cobertura, ou seja, maior controle de plantas daninhas que o tratamento-padrão (nicosulfuron). Todavia, na época da colheita (127 DAT), o nicosulfuron proporcionou menor cobertura do solo com plantas daninhas, em virtude de seu melhor controle de *Brachiaria decumbens*.

Os efeitos dos tratamentos sobre o crescimento e a produtividade da cultura do milho IMI-Corn estão apresentados no Quadro 14. Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos em relação à altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produtividade grãos, quando comparados à testemunha capinada, a maior produtividade (5.739 kg/ha) foi obtida com o tratamento imazapic + imazapyr na dose 57,7 + 19,2 g/ha e a menor na testemunha sem capina (3.361 kg/ha), tendo sido verificada diferença de 43%.

Quadro 13 - Médias da porcentagem de cobertura total do solo com plantas daninhas aos 28, 46 e 127 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Experimento 2 - herbicidas aplicados em pós-emergência, Viçosa - MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Cobertura Total do Solo com Plantas Daninhas (%)		
			28 DAT	46 DAT	127 DAT
Testemunha sem capina	---	---	100	100	100
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	57,7 + 19,2	110	8	12	75
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	68,2 + 22,7	130	5	6	63
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	5	6	61
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	6	13	70
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	8	10	68
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	5	8	65
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	41,9 + 21,0	90	5	9	78
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	3	4	46
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	2	2	45
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	47,2 + 15,7	90	5	11	79
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	57,7 + 19,2	110	6	10	81
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	6	7	59
Nicosulfuron ^{4/}	48,0	1.200	13	10	44

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Sanson. Produto formulado em solução concentrada (SC).

Quadro 14 - Médias da altura de plantas, da altura da primeira espiga, da produtividade de grãos e da porcentagem de produtividade em relação à testemunha com capina. Experimento 2 - herbicidas aplicados em pós-emergência, Viçosa-MG, 1998

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Altura de Plantas (m)	Altura da Primeira Espiga (m)	Produtividade de Grãos (kg/ha)	Produtividade em Relação à Testemunha com Capina (%)
Testemunha sem capina	---	---	1,90 a	0,81 a	3361 a	65
Testemunha com capina	---	---	2,00 a	0,86 a	5177 a	100
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	57,7 + 19,2	110	1,87 a	0,74 a	4529 a	87
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	68,2 + 22,7	130	1,94 a	0,79 a	5389 a	104
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	78,7 + 26,2	150	1,92 a	0,79 a	5177 a	100
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	1,87 a	0,75 a	3090 a	60
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	1,97 a	0,83 a	4236 a	82
Imazethapyr + Imazapyr ^{2/}	69,9 + 35,1	150	1,90 a	0,80 a	4818 a	93
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	41,9 + 21,0	90	1,95 a	0,83 a	4688 a	91
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	51,2 + 25,7	110	1,93 a	0,79 a	4106 a	79
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	60,5 + 30,4	130	1,95 a	0,83 a	5098 a	98
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	47,2 + 15,7	90	1,92 a	0,78 a	4110 a	79
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	57,7 + 19,2	110	1,91 a	0,81 a	5739 a	111
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	68,2 + 22,7	130	1,97 a	0,83 a	5200 a	100
Nicosulfuron ^{4/}	48,0	1200	1,95 a	0,85 a	4386 a	85
CV (%)	---	---	5,42	8,74	26,47	---

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA.. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{4/} Nome comercial: Sanson. Produto formulado em solução concentrada (SC).

* As médias de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nesse experimento, ao comparar a testemunha com capina (5.177 kg/ha) com a sem capina (3.361 kg/ha), verificou-se que a interferência das plantas daninhas provocou redução de 35% na produtividade do milho IMI-Corn, enquanto no conduzido por PEREIRA e CARMONA (2000) essa redução foi de 40% e no experimento em pré-emergência, de 53%. Esses resultados mostram que a interferência das plantas daninhas é variada e dependente de diversos fatores, conforme o relato de PITELLI (1985).

4.2. Experimento em sala de crescimento

Realizou-se a análise de regressão para toxicidade às plantas de sorgo, biomassa seca da parte aérea e da raiz das plantas de sorgo.

Os sintomas de toxicidade das imidazolinonas às plantas de sorgo (clorose nas folhas, redução na altura das plantas e da biomassa) podem ser observados na Figura 1.

As Figuras 2, 3 e 4 permitem estimar a ação residual no solo das misturas imazethapyr + imazapyr (89,2 + 99,7 g/ha), imazapic + imazapyr (70,0 + 35,1 g/ha) e imazapic + imazapyr (78,7 + 26,2 g/ha).

A Figura 2 mostra que as três misturas avaliadas tiveram comportamento semelhantes em relação à toxicidade às plantas de sorgo, promovendo toxicidade muito forte (superior a 71%) no princípio, zero dias após a aplicação (DAA), e nula aos 120 DAA, indicando o fim da ação residual no solo das misturas de herbicidas aplicadas a campo.

Em relação ao acúmulo de biomassa seca na parte aérea (Figura 3) e na raiz (Figura 4) das plantas-teste, também observou-se comportamento semelhante das misturas avaliadas, verificando-se acréscimo da biomassa com o aumento dos intervalos de amostragens, devendo ressaltar que nas amostras de solo coletadas aos 90 DAA praticamente não foi observada diferença em relação à testemunha sem herbicida, ou seja, os valores obtidos se aproximam de 100 %.

O desaparecimento dos sintomas de toxicidade das misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas nas plantas de sorgo ocorreu por

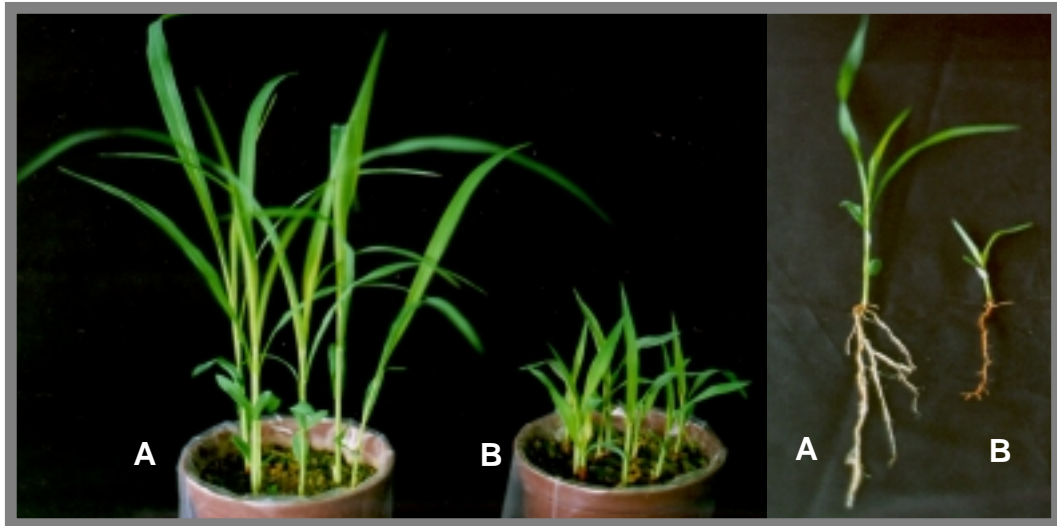


Figura 1 - Plantas de sorgo sem toxicidade (A) e com toxicidade (B) a herbicidas derivados das imidazolinonas.

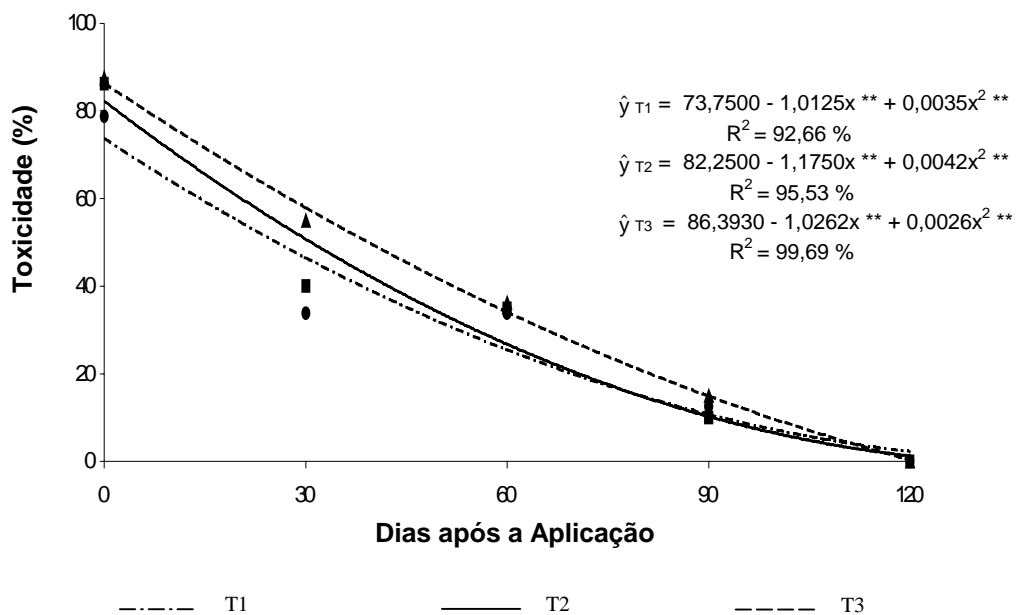


Figura 2 - Efeito da ação residual das misturas prontas de imazethapyr + imazapyr na dose 89,2 + 29,7 g i.a/ha (T1) e de imazapic + imazapyr nas doses 70,0 + 35,1 g i.a/ha (T2) e 78,7 + 26,2 g i.a/ha (T3) sobre a toxicidade de plantas de sorgo, expressa em porcentagem em relação à testemunha.

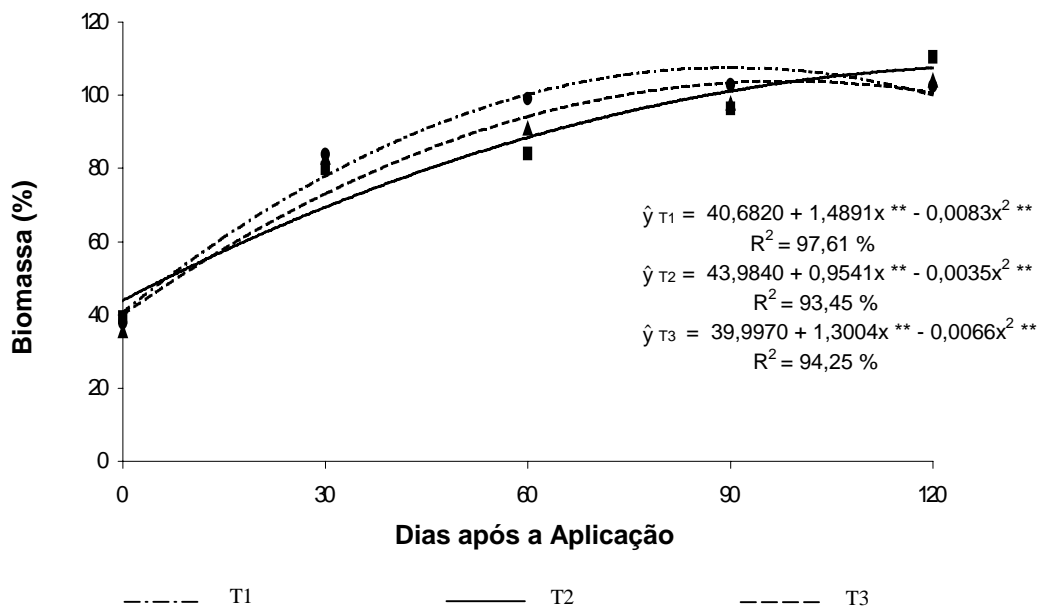


Figura 3 - Efeito da ação residual das misturas prontas de imazethapyr + imazapyr na dose 89,2 + 29,7 g i.a/ha (T1) e de imazapic + imazapyr nas doses 70,0 + 35,1 g i.a/ha (T2) e 78,7 + 26,2 g i.a/ha (T3) sobre a biomassa seca da parte aérea de plantas de sorgo, expressa em porcentagem em relação à testemunha.

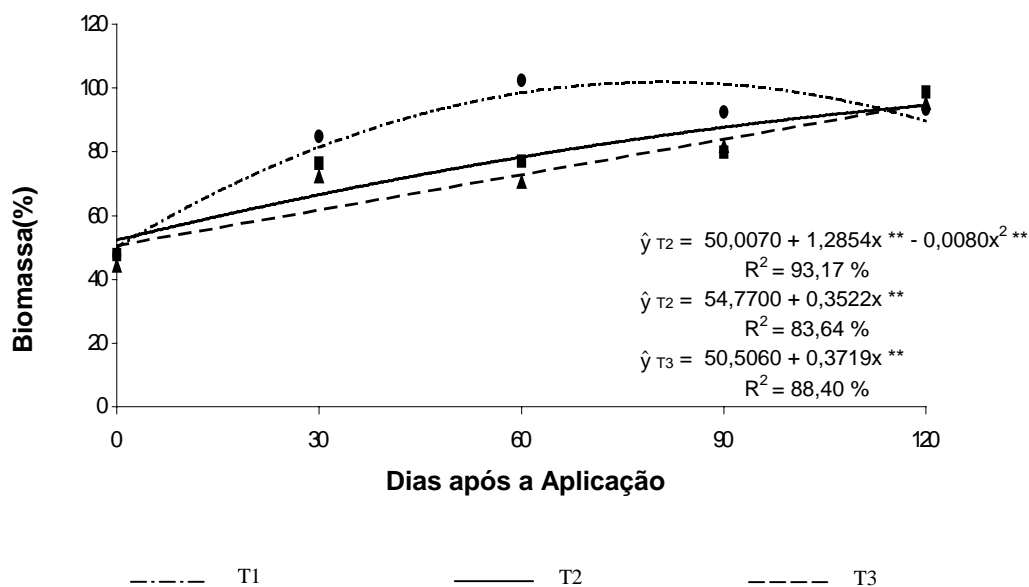


Figura 4 - Efeito da ação residual das misturas prontas de imazethapyr + imazapyr na dose 89,2 + 29,7 g i.a/ha (T1) e de imazapic + imazapyr nas doses 70,0 + 35,1 g i.a/ha (T2) e 78,7 + 26,2 g i.a/ha (T3) sobre a biomassa seca da raiz de plantas de sorgo, expressa em porcentagem em relação à testemunha.

completo apenas na amostragem de solo realizada aos 120 DAA. As três misturas de herbicidas, nas doses avaliadas, apresentaram ação residual semelhante. Resultados semelhantes foram observados por LOUX et al. (1989), que constataram, em experimento conduzido em condições edafoclimáticas da região produtora de soja dos Estados Unidos, em Ohio, que a dissipação de 80% de herbicidas derivados das imidazolinonas no solo ocorre até 60 dias após a aplicação, mas seriam necessários 160 (ou mais) dias para a sua completa degradação.

Em trabalho utilizando metodologia semelhante, COSTA (1997) observou que o imazethapyr na dose 100,0 g/ha (recomendada para soja) causou forte inibição na produção da biomassa seca da parte aérea e da raiz de plantas de sorgo semeadas 90 dias após a aplicação e que no dobro da dose (200,0 g/ha) causou inibição no crescimento do sorgo semeado 120 dias após a aplicação. O menor efeito residual observado neste trabalho pode ser atribuído à aplicação de doses menores de herbicidas no solo, uma vez que existe correlação entre dose de herbicida aplicada e efeito residual do mesmo no solo.

O desenvolvimento tecnológico e o lançamento de híbridos de milho tolerantes aos herbicidas derivados do grupo das imidazolinonas são algumas das alternativas seguras para o milho safrinha, após cultivo da soja, prática cada vez mais comum. Com isto, elimina-se o risco de intoxicação do milho cultivado após a colheita da soja cultivada em solo onde foram aplicados herbicidas desse grupo, uma vez que o plantio de culturas sensíveis a estes herbicidas, antes de seu término residual no solo, pode promover forte toxicidade às plantas e causar prejuízos econômicos.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram verificar a eficácia e a seletividade de misturas prontas de herbicidas do grupo das imidazolinonas, aplicadas em pré e pós-emergência da cultura do milho IMI-Corn, e avaliar os efeitos residuais no solo das misturas mais promissoras.

Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, onde as misturas dos herbicidas foram aplicadas em pré-emergência (experimento 1) e em pós-emergência (experimento 2) do milho. O efeito residual das misturas mais promissoras foi avaliado em sala de crescimento (experimento 3), utilizando-se amostras de solo coletadas no campo, em diferentes intervalos após a aplicação dos herbicidas, utilizando-se como planta-teste o *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

O delineamento experimental utilizado nos três experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento 1 constou de 13 tratamentos, tendo sido avaliadas duas testemunhas (com e sem capina) e as misturas imazethapyr + imazapyr (78,7 + 26,2; 89,2 + 29,7; 69,9 + 35,1; e 79,2 + 39,8 g/ha), imazethapyr + imazapic (70,0 + 35,1; e 79,2 + 39,8 g/ha), imazapic + imazapyr (60,6 + 30,4; 70,0 + 35,1; 68,2 + 22,7; e 78,7 + 26,2 g/ha) e atrazine + metolachlor (1.200,0 + 1.800,0 g/ha). No experimento 2 foram avaliados 15 tratamentos, sendo duas testemunhas (com e sem capina), as misturas imazethapyr + imazapyr (57,7 + 19,2; 68,2 + 22,7; 78,7 + 26,2; 51,2 + 25,7; 60,5 + 30,4; e 69,9 + 35,1 g/ha) e imazapic + imazapyr (41,9 + 21,0; 51,2

+ 25,7; 60,5 + 30,4; 47,2 + 15,7; 57,7 + 19,2; e 68,2 + 22,7 g/ha) e nicosulfuron (48,0 g/ha).

O bioensaio em sala de crescimento foi instalado, utilizando amostras de solo coletadas das parcelas onde os tratamentos foram aplicados a campo [testemunha sem herbicida e misturas de imazethapyr + imazapyr (89,2 + 29,7 g/ha) e imazapic + imazapyr (70,0 + 35,1 e 78,7 + 26,2 g/ha)]. As amostras coletadas em cinco épocas diferentes (0, 30, 60, 90 e 120 dias após as aplicações dos herbicidas) foram secas, peneiradas e colocadas em vasos plásticos de 0,30 dm³, impermeabilizados com sacos de polietileno, sendo semeado o sorgo BR 007 logo a seguir. A colheita das plantas de sorgo foi realizada aos 17 dias após a semeadura, sendo avaliadas visualmente a toxicidade das misturas e a biomassa seca da parte aérea e da raiz das plantas de sorgo.

Concluiu-se que o milho IMI-Corn foi tolerante a todas as misturas de imidazolinonas aplicadas tanto em pré como em pós-emergência, nas doses avaliadas. As misturas mostraram ser muito eficientes no controle de *Cyperus rotundus*, *Ipomoea grandifolia* e *Brachiaria plantaginea*, mas foram pouco eficientes no de *Brachiaria decumbens*. Não foram constatados efeitos das misturas sobre a produtividade de grãos, altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga do milho IMI-Corn, quando comparadas à testemunha com capinas. Aos 120 DAA, nenhuma das misturas aplicadas a campo afetou o desenvolvimento das plantas de sorgo, indicando o término da ação residual no solo desses herbicidas e a possibilidade de plantio de culturas sensíveis às imidazolinonas após este período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL, 2000. Anuário da Agricultura Brasileira. FNP, Consultoria e Comércio - 546p.
- AMERICAN CYANAMID COMPANY. **Lightning herbicide: for use in IMI-Corn only**. Lightning Specimen Label, PE – 5504. 1997. 18p.
- ANDERSON, P.C., HIBBERD, K.A. Evidence for the interaction of on imidazolinone herbicide with leucine, valine, and isoleucine metabolism. **Weed Sci.**, Champaign, v.33, n.4, p.479-483, 1985.
- ARCHÂNGELO, E.R., SILVA, A.A., MENEZES, C.C.E. et. al. Adsorção de doses crescentes de imazethapyr e imazamox em diferentes tipos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. p.336.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evolución en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, n.1, p 35-38, 1974.
- BHALLA, P., HACKETT, N., HART, R. et al. Imazaquin herbicide. In: SHANER, D.L., O'CONNOR, S.L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 237-245.
- BLANCO, H.G. Ecologia das plantas daninhas. Competição de plantas daninhas em culturas brasileiras. In: CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS. São Paulo: 1982, p.43-75.

- BLANCO, H.G., ARAÚJO, J.B.M., OLIVEIRA, D.A. **Estudo sobre a competição das plantas daninhas com a cultura do milho (*Zea mays L.*)**. IV. **Determinação do período crítico de competição**. Campinas: Instituto Biológico, v. 43, p.105-144, 1976.
- BURNSIDE, O.C., SCHULTZ, M.E. Soil persistence of herbicides for corn, sorghum and soybean during the year of application. **Weed Sci.**, Champaign, v.26, n.2, p.108-115, 1978.
- CAMPBELL, J.R., LIEB, R.A., SLIFE, F.W. Biodegradation characteristics of imazaquin and imazethapyr. **Weed Sci.**, Champaign, v.37, n.6, p.815-819, 1989.
- CHE, M., LOUX, M.M., TRAINA, S.J., LOGAN, T.J. Effect of pH sorption and desorption of imazaquin and imazethapyr on clays and humic acid. **J. Environ. Qual.**, v.21, p.698-703, 1992.
- CONGLETON, W.F., VANCANTFORT, A.M., LIGNOWSKI, E.M. Imazaquin (Scepter)^R: a new soybean herbicide. **Weed Technol.**, Champaign, v.1, n.2, p. 187-188, 1987.
- COSTA, E.R. **Efeito residual no solo de herbicidas derivados das imidazolinonas sobre as culturas do milho e sorgo**. Viçosa: UFV, 1997. 58p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- FRANS, R.E. Measuring plant response. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed science** [S.1.]: Southern Weed Science Society, 1972. p.28-41.
- GOETZ, A.J., LAVY, T.L., GBUR JÚNIOR, E.E. Degradation and field persistence of imazathapyr. **Weed Sci.**, Champaign, v.38, n.4/5, p.421-428, 1990.
- KARAM, D., SILVA, J.B., ARCHÂNGELO, E.R. Avaliação do efeito residual de herbicidas aplicadas em pré-emergentes da cultura da soja sobre o sorgo em sucessão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996a. p.266.
- KARAM, D., SILVA, J.B., ARCHÂNGELO, E.R. Avaliação do efeito residual de herbicidas aplicados em pós-emergente do grupo das imidazolinonas aplicados na cultura da soja sobre o sorgo em sucessão. In CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996b. p.267.

- KARAM, D., SILVA, J.B., ARCHÂNGELO, E.R. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-plantios da cultura da soja sobre a produtividade do sorgo em sucessão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996c. p.265.
- LOS, M. Discovery of the imidazolinone. In: SHANER, D.L., O'CONNOR, S.L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC, 1991. p.1-5.
- LOUX, M.M., LIEB, R.A., SLIFE, F.W. Adsorption of imazaquin and imazethapyr on soils, sediments and select adsorbents. **Weed Sci.**, Champaign, v.37, n.5, p. 712-718,1989.
- LOUX, M.M., STACHLER J.M., HARRISON, S.K. **Weed control guide for Ohio field crops**. IMI-Corn: post-emergence herbicides. Ohio State University Extension Bulletin, Department of Horticulture and Crop Science. Bulletin 789. 1997. 4p.
- NOVO, M.C.S.S., CRUZ, L.S.P., PEREIRA, J.C.V.N.A. et al. Persistência de doses de imazaquin em latossolo roxo cultivado com soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: EPAGRI, 1995. p. 315-316.
- O'BRYAN, K.A., BRECKE, B.J., SHILLING, D.G., COLVIN, D.L. Comparison of bioassay techniques for detecting imazaquin in soil. **Weed Technol.**, 8:203-206. 1994.
- PEREIRA, R.C., CARMONA, R. Seletividade e eficácia de misturas de herbicidas do grupo das imidazolinonas em milho resistente. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.1, p. 45-52, 2000.
- PIRES, N.M., SILVA, J.F., SILVA, J.B. et. al. Adsorção e lixiviação de trifluralin e imazaquin em diferentes solos. **Rev. Ceres**, v.44, p.300-314, 1997.
- PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27. 1985.
- RENNER, K.A., MEGGIT, W.F., PENNER, D. Effect of soil pH on imazaquin and imazethapyr adsorption to soil and phytotoxicity to corn (*Zea mays*). **Weed Sci.**, 36: 78-83, 1988.
- SAARI, L.L., COTTERMAN, J.C., THILL, D.C. Resistance to acetolactase synthase inhibiting herbicides. In: POULES, S. B., HOLTON, J. A. M. **Herbicides resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca raton, p. 83-139, 1994.

- SILVA, A.A., FEDATO, E., FERREIRA, F.A. Respostas das culturas de milho (*Zea mays L.*) e de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) a resíduos de flumioxazin e imazaquin em latossolo roxo distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: EPAGRI, 1995 p.163-164.
- SILVA, A.A., MELHORANÇA, A.L. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA A CULTURA DO MILHO PARA MATO GROSSO DO SUL. Dourados: EMBRAPA, 1991, p. 114-127. (Circular técnica, 20).
- SILVA, J.B., ARCHÂNGELO, E.R., DUARTE, N.F. et al. Controle pré-emergente de plantas daninhas na cultura da soja com mistura de imazaquin + flumioxazin e seu efeito residual sobre o milho em sucessão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1977, Caxambu. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. p.135.
- SILVA, J.B., KARAM, D. Controle de plantas daninhas nos sistemas de produção de milho. **O Ruralista**, Belo Horizonte, v.32, n.421, p.4-9, 1995.
- SILVA, J.B., KARAM, D. Controle de plantas daninhas nos sistemas de produção de milho. **O Ruralista**, Belo Horizonte, n.430, p.4-8, 1996.
- SILVA, J.B., KARAM, D., ARCHÂNGELO, E.R. Avaliação do efeito residual de herbicidas de pré-emergência da cultura da soja sobre o milho safrinha. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.249.
- SILVA, J.B., RODRIGUES, M.A.T., BEGLIOMINI, E. Determinação do período de interferência de plantas daninhas em milho fundamentado nos estádios fenológicos da cultura. **O Ruralista**, v.35, n.440. Belo Horizonte, 1998.
- SOUZA, A.P. **Movimento e degradação do glyphosate e do imazapyr em solos de diferentes texturas e composição química.** Viçosa: UFV, 1998. 95p.: il. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- VITÓRIA FILHO, R. Potencial de concorrência de plantas daninhas em plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Ed.) **Atualização em plantio direto.** Campinas: 1985. p.31-48.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Quadro 1A - Resumo da análise de variância relativo à altura de plantas e da primeira espiga. Experimento 1 - herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa-MG, 1998

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		Altura de Plantas	Altura da Primeira Espiga
Tratamentos	12	0,0271 *	0,0119 ^{ns}
Blocos	3	0,0405 *	0,0027 ^{ns}
Resíduo	36	0,0104	0,0063
CV (%)	---	4,77	8,18

^{ns} Não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância relativo à produtividade de grãos. Experimento 1 - herbicidas aplicados em pré-emergência, Viçosa-MG, 1998

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio da Produtividade de Grãos
Tratamentos	12	2572543,0000 **
Blocos	2	576555,3000 ^{ns}
Resíduo	24	982847,6000
CV (%)	---	18,23

^{ns} Não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância relativo à altura de plantas e da primeira espiga. Experimento 2 - herbicidas aplicados em pós-emergência, Viçosa-MG, 1998

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		Altura de Plantas	Altura da Primeira Espiga
Tratamentos	14	0,0746 ^{ns}	0,0045 ^{ns}
Blocos	3	0,0322 ^{ns}	0,0090 ^{ns}
Resíduo	42	0,4598	0,0049
CV (%)	---	5,42	8,74

^{ns} Não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância relativo à produtividade de grãos. Experimento 2 - herbicidas aplicados em pós-emergência, Viçosa-MG, 1998

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio da Produtividade de Grãos
Tratamentos	14	1656754,0000 ^{ns}
Blocos	2	1685970,0000 ^{ns}
Resíduo	28	1486577,0000
CV (%)	---	26,45

^{ns} Não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 5A - Médias da porcentagem de toxicidade dos herbicidas, em relação à testemunha, às plantas de sorgo em função de diferentes épocas de amostragem de solos (0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos - DAT). Experimento 3 - bioensaio em sala de crescimento, Viçosa-MG, 1999

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Toxicidade (%)				
			0 DAT	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT
Testemunha	---	---	0 N	0 N	0 N	0 N	0 N
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	79 MF	34 Md	34 Md	13 ML	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	86 MF	40 Md	35 Md	10 N	0 N
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	88 MF	55 Md	36 Md	15 ML	0 N

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

Conceitos de Toxicidade: N - nulo; ML – muito leve; L – leve; Md – moderado; F – forte; MF – muito forte, M – morte.

Quadro 6A - Médias da porcentagem de biomassa seca, em relação à testemunha, da parte aérea de plantas de sorgo em função de diferentes épocas de amostragem de solo (0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos - DAT). Experimento 3 - bioensaio em sala de crescimento, Viçosa-MG, 1999

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Biomassa Seca (%)				
			0 DAT	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT
Testemunha	---	---	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	37,9	83,9	99,2	103,0	102,6
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	39,4	80,1	84,0	96,4	110,6
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	35,6	83,0	90,9	97,8	104,0

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA.. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

Quadro 7A - Médias da porcentagem de biomassa seca, em relação à testemunha, da raiz de plantas de sorgo em função de diferentes épocas de amostragem de solo (0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos - DAT). Experimento 3 - bioensaio em sala de crescimento, Viçosa-MG, 1999

Tratamentos	Dose (g i. a./ha)	Dose (g p. c./ha)	Biomassa Seca (%)				
			0 DAT	30 DAT	60 DAT	90 DAT	120 DAT
Testemunha	---	---	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Imazethapyr + Imazapyr ^{1/}	89,2 + 29,7	170	47,6	84,9	102,0	92,4	93,4
Imazapic + Imazapyr ^{2/}	70,0 + 35,1	150	47,7	76,3	76,9	79,9	98,7
Imazapic + Imazapyr ^{3/}	78,7 + 26,2	150	44,2	72,3	70,5	81,8	95,3

^{1/} Mistura pronta: Lightning 70 DG. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{2/} Mistura pronta sem nome comercial. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

^{3/} Mistura pronta: Onduty 700 GRDA.. Produto formulado em grânulos dispersos em água (DG).

Quadro 8A - Resumo da análise de variância relativo à toxicidade e biomassa seca da parte aérea e da raiz de plantas de sorgo semeadas em cinco épocas diferentes (0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos - DAT). Experimento 3 - bioensaio em sala de crescimento, Viçosa-MG, 1999

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Toxicidade	Biomassa Seca da Parte Aérea	Biomassa Seca da Raiz
Tratamentos (T)	2	251,6667 **	64,2309 ^{ns}	685,8294 *
Blocos (BL)	3	43,7500 *	155,4616 ^{ns}	186,6193 ^{ns}
Resíduo A	6	16,6667	56,1758	122,7145
Época (Ep)	4	12633,7500 **	8717,0710 **	4143,2650 **
T * Ep	8	86,5625 **	78,9738 ^{ns}	211,7137 ^{ns}
Resíduo B	36	12,8472	55,0587	152,4344
CV (%)	---	10,27	8,92	15,91

^{ns} Não-significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.