

EFICIÊNCIA DE CONTROLE DE *Brachiaria brizantha* E SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS {(DIURON + HEXAZINONE) + MSMA} APLICADOS À CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR¹

Efficiency of Brachiaria brizantha Control and Selectivity of the Herbicides {(Diuron+Hexazinone)+MSMA} Applied on Sugarcane

GALON, L.², TIRONI, S.P.³, SILVA, A.A.⁴, SILVA, A.F.⁵, CONCENÇO, G.⁶, ROCHA, P.R.R.⁷, KUNZ, V.L.⁸, FERREIRA, E.A.⁹ e FERREIRA, F.A.⁴

RESUMO - O controle químico é o principal método utilizado no manejo das plantas daninhas em canaviais, sendo utilizados, em sua grande maioria, herbicidas em pós-emergência, os quais podem causar intoxicação à cana-de-açúcar, o que muitas vezes ocasiona redução da produtividade de colmos. No entanto, para diminuir as injúrias de herbicidas em cana-de-açúcar, podem-se reduzir as doses abaixo das recomendadas, desde que aplicadas em condições ambientais adequadas para ainda obter controle satisfatório das comunidades infestantes. Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência e a intoxicação de doses – que variaram de zero até a recomendada – dos herbicidas aplicados em mistura no tanque {(diuron + hexazinone) + MSMA} em três estádios de desenvolvimento do cultivar de cana-de-açúcar RB867515, bem como da planta daninha *Brachiaria brizantha*. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram alocados em esquema fatorial (6 x 3), sendo o fator A composto por doses de 0,0; 50,0; 62,5; 75,0; 87,5; e 100,0% da recomendada dos herbicidas: diuron + hexazinone (1,20 kg ha⁻¹) e MSMA (1,44 kg ha⁻¹), aplicados em associação no tanque do pulverizador. O fator B foi composto por épocas de aplicação dos produtos, realizadas quando a cultura se encontrava com duas a três folhas, quatro a cinco folhas e seis a sete folhas completamente expandidas ou quando *B. brizantha* apresentava duas a quatro folhas, seis folhas a um perfilho ou um a quatro perfilhos. Aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas, foram realizadas avaliações visuais de intoxicação da cultura e controle de *B. brizantha*. A estimativa da produtividade de colmos da cana-de-açúcar ocorreu aos 12 meses após o plantio. Considerando todas as situações avaliadas, o controle de *B. brizantha* variou entre 50 e 100%; nas maiores doses, os herbicidas apresentaram as melhores eficiências de controle. Constatou-se que o melhor controle de *B. brizantha*, considerando todo o ciclo da cana-de-açúcar, ocorreu com aplicação dos herbicidas nos estádios de duas a quatro folhas da planta daninha. Observou-se aumento da intoxicação com o acréscimo das doses de {(diuron + hexazinone) + MSMA} em todas as épocas avaliadas, sendo os maiores níveis de injúrias constatados na fase de maior desenvolvimento da cultura, assim como a menor produtividade de colmos da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., suscetibilidade, mistura em tanque de herbicida.

¹ Recebido para publicação em 30.8.2011 e aprovado em 25.12.2011.

² Eng^o-Agr^o, D.Sc., Prof., Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Erechim-RS, Av.Dom João Hoffmann, 313, 99700-000 Erechim-RS, <galonleandro@ig.com.br>; ³ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Prof., Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus Maragogi-AL, <siumar.tironi@gmail.com>; ⁴ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Prof., Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – DFT/UFV, Bolsista do CNPq; ⁵ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, <alexandre.silva@cnpmc.embrapa.br>; ⁶ Eng^o-Agr^o, D.Sc. Pesquisador em Herbologia, Embrapa Agropecuária Oeste – CPAO, Dourados-MS, <germani@cpao.embrapa.br>; ⁷ Eng^o-Agr^o, aluno do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, DFT/UFV, <pauloagro01@yahoo.com.br>; ⁸ Eng^o-Agr^o, Dr., Prof., Universidade Federal do Paraná – UFPR, Campus Palotina, Palotina-PR, <vilsonkunz@ufpr.br>; ⁹ Eng^o-Agr^o, D.Sc., Bolsista PNPd, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina-MG, <evanderalves@yahoo.com.br>.



ABSTRACT - Chemical control is the main method used for weed management in sugarcane, with herbicides being usually applied in post-emergence. In some cases, serious toxicity is reported following herbicide application. To reduce the problem of injuries caused by herbicides to sugarcane, the doses used may be reduced to below those recommended in the label, with satisfactory control of the weed community still being obtained, when applied under appropriate environmental conditions. This study aimed to evaluate the efficiency and toxicity caused by doses ranging from zero to those recommended in the label of the herbicide mixture {(diuron + hexazinone) + MSMA} applied on the sugarcane variety RB867515, as well as on the weed species **Brachiaria brizantha**. The experiment was arranged in a completely randomized block design, with four replications. Treatments were allocated in a factorial design (6 x 3), with factor A being the herbicide (0.0, 50.0, 62.5, 75.0, 87.5 and 100.0% of the commercial dose): diuron + hexazinone (1,20 kg ha⁻¹) and MSMA (1,44 kg ha⁻¹), applied in combination; and factor B, the times of application of these herbicides, as follows: two to three leaves; four to five leaves and six to seven fully-expanded leaves, corresponding to the two- to four- leaf stages, 6 leaves to one tiller and one to four tillers of the weed species, respectively. At 7, 21, 35, and 49 days after herbicide application, visual analyses of intoxication and control of *B. brizantha* were carried out, as well as crop yield estimation, 12 months after planting. Considering the situations evaluated, the control of **B. brizantha** ranged between 50 and 100%, with higher control levels at the higher herbicide doses. The best control of **B. brizantha** throughout the crop cycle was found to occur when treatments were applied at the two- to- four-leaf stage of the weed species. Toxicity to the crop increased as the doses of {(diuron + hexazinone) + MSMA} increased in all evaluation times, with higher toxicity being observed when the herbicide mixture was applied at the most active growth stages of the crop, leading to lower crop yields.

Keywords: *Saccharum* spp., susceptibility, herbicide mixture.

INTRODUÇÃO

As plantas daninhas, de modo geral, estão presentes na maioria dos canaviais, podendo causar limitação do potencial de produtividade da cultura quando não manejadas adequadamente (Kuva et al., 2008). O controle dessas espécies é realizado na maioria das vezes com uso de herbicidas, em razão da praticidade, da eficiência, de as áreas de cultivo serem extensas e do menor custo, quando comparado a outros métodos de controle (Barela & Christoffoleti, 2006). Contudo, os herbicidas podem causar injúrias às culturas em níveis variáveis, de acordo com o genótipo de cana-de-açúcar, interferindo nas características fisiológicas da cultura e limitando a produtividade e a qualidade da matéria-prima colhida (Galon et al., 2009; Martins et al., 2010), além de elevar o custo de produção e maximizar a contaminação ambiental (Filizola et al., 2002).

O grau de intoxicação provocado por um herbicida depende de vários fatores, entre os quais destacam-se: modo e tipo de aplicação, dose do produto, uso de adjuvantes,

características do solo, estágio de crescimento da cultura, condições climáticas no momento e após a aplicação, posicionamento do herbicida no perfil do solo e as próprias características físico-químicas do produto (Rodrigues & Almeida, 2005). No entanto, uma das formas de minimizar os efeitos negativos da aplicação dos herbicidas sobre as culturas é reduzir a dose aplicada. Controles satisfatórios de plantas daninhas frequentemente são obtidos com uso de doses abaixo daquelas normalmente recomendadas no rótulo (Boström & Fogelfors, 2002).

São poucos os herbicidas recomendados para aplicação em pós-emergência da cana-de-açúcar, destacando-se o MSMA, geralmente utilizado em associação com outros produtos de efeito residual no solo, para proporcionar o controle das plantas daninhas por período mais prolongado. Entre os herbicidas com efeito residual no solo, aplicados em pré e pós-emergência na cana-de-açúcar, destaca-se a mistura formulada comercialmente composta de diuron + hexazinone (Rodrigues & Almeida, 2005).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência e a intoxicação de doses, que variaram de zero até a recomendada, dos herbicidas aplicados em mistura no tanque {(diuron + hexazinone) + MSMA} em três estádios de desenvolvimento do cultivar de cana-de-açúcar RB867515, bem como da planta daninha *Brachiaria brizantha*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), em sistema convencional de cultivo com aração e gradagens e posterior sulcamento da área, no espaçamento entrelinhas de 1,4 m. Plantou-se a variedade de cana-de-açúcar RB867515 no dia 8/11/2008 em densidade de 18 gemas m⁻¹, no sistema de cana-de-ano.

A adubação foi realizada no sulco de plantio, de acordo com resultados da análise química do solo: pH (H₂O) 6,00; P e K⁺ = 7,40 e 168,00 mg dm⁻³; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H + Al, SB e capacidade de troca de cátions (CTC)= 4,20; 0,70; 0,00; 4,46; 5,33; e 9,79 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V)= 54%; matéria orgânica (MO) = 2,40 dag kg⁻¹; argila, silte e areia= 47; 32 e 21%, respectivamente, seguindo-se as recomendações para a cultura. Foram utilizados 500 kg ha⁻¹ do adubo formulado NPK 8-28-16, mais adubação em cobertura com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio aos 90 dias após a emergência da cana-de-açúcar.

As unidades experimentais foram constituídas de cinco linhas de 5 m de comprimento, perfazendo uma área total da parcela de 35 m². O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram alocados em esquema fatorial (6 x 3), sendo o fator A composto pelas doses de 0,0; 50,0; 62,5; 75,0; 87,5; e 100,0% da recomendada para a cultura da cana-de-açúcar dos herbicidas: diuron + hexazinone (1,20 kg ha⁻¹) e MSMA (1,44 kg ha⁻¹), aplicados em associação; e o fator B, pelas épocas de aplicação dos herbicidas, que foram realizadas quando a cultura se encontrava com duas a três folhas, quatro a cinco folhas ou seis a sete folhas completamente expandidas, correspondendo aos estádios de *B. brizantha* de duas a quatro folhas, seis folhas a um perfilho e um a quatro perfilhos. Na testemunha infestada

não se aplicou nenhum herbicida, o que correspondeu à dose de 0%; para as avaliações de seletividade dos produtos, havia ainda um tratamento testemunha capinado ao longo de todo o ciclo da cultura (constantemente limpo).

As aplicações dos herbicidas foram feitas utilizando pulverizador de precisão, pressurizado com CO₂, munido de barra com quatro pontas de pulverização XR1 10.02, distanciadas 0,50 m entre si, aplicando 200 L ha⁻¹ de calda herbicida. As condições climáticas no momento das aplicações foram: 1ª época - 29 °C, 65% e 3,5 m s⁻¹; 2ª época - 29,8 °C, 63% e 3,9 m s⁻¹; e 3ª época - 27,5 °C, 68% e 4,5 m s⁻¹ de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, respectivamente.

Foram realizadas avaliações de controle da planta daninha e de intoxicação da cultura aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), utilizando o método visual. Para isso, dois avaliadores atribuíram notas de 0 a 100%, sendo 0% correspondente a nenhuma injúria e 100% à morte completa das plantas. Aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas daninhas remanescentes (cuja eficiência de controle já havia sido avaliada) nos tratamentos foram capinadas para que não ocasionassem competição posterior com a cultura da cana-de-açúcar. Um ano após o plantio da cultura, foi realizada a estimativa de produtividade de colmos; para isso, seguiu-se a metodologia proposta por Fernandes (2003). Realizou-se a contagem dos colmos presentes nas três linhas centrais, desconsiderando 0,5 m das bordaduras laterais de cada parcela. Posteriormente, foram coletados, aleatoriamente, 30 colmos da área útil das parcelas e, em seguida, pesados. Com o peso médio de colmos e o número de colmos por área, foi calculada a produtividade em t ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F; quando significativos, o fator quantitativo foi submetido à análise de regressão, e o fator qualitativo, à comparação de médias pelo teste de Tukey. A fim de comparar os efeitos de doses, procedeu-se à análise de regressão para a respectiva variável-resposta; a escolha dos modelos baseou-se na significância estatística (teste F), no ajuste do coeficiente de determinação (R²) e no significado biológico do modelo. Todas as análises foram realizadas a 5% de probabilidade.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre doses e épocas de aplicação dos herbicidas para todas as variáveis avaliadas. Os resultados demonstram, nas menores doses aplicadas, que ocorreu maior grau de controle nos tratamentos em que a aplicação do herbicida foi efetuada quando *B. brizantha* se apresentava em estádios iniciais de desenvolvimento (duas a quatro folhas), principalmente na primeira avaliação de controle (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Rizzardi & Fleck (2004) ao aplicarem doses reduzidas de herbicidas para o controle de plantas daninhas em vários estádios na cultura da soja. Ressalta-se que essas diferenças no grau de controle em função de épocas de aplicação e de doses do herbicida não ocorreram nas avaliações efetuadas aos 21, 35 e 49 DAA (dias após a aplicação). Os maiores níveis de controle da planta daninha em estudo foram verificados

aos 21 e 35 DAA, independentemente do estágio de desenvolvimento de *B. brizantha*. Contudo, ressalta-se que não houve novos fluxos de infestação de plantas daninhas, pelo fato de que o herbicida {diuron + hexazinone} apresenta efeito residual no solo (Rodrigues & Almeida, 2005); por esse motivo, foram mantidos níveis de controle eficientes mesmo após a última avaliação, efetuada aos 49 DAA. Aos 60 DAA, as plantas daninhas presentes na área foram eliminadas por capina manual, e a emergência de novas plântulas foi inibida pelo sombreamento proporcionado pelo denso dossel da cultura.

Os resultados demonstram – em relação aos efeitos das doses dos herbicidas sobre *B. brizantha* – que o controle aumentou com o incremento da dose aplicada em todas as épocas avaliadas (Figura 1A, B, C e D). Ao analisar as épocas de avaliação, observaram-se os menores índices de controle aos 7 DAA,

Tabela 1 - Controle (%) de *Brachiaria brizantha* aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), em função de doses de {(diuron + hexazinone - 1,20 kg ha⁻¹) + MSMA -1,44 kg ha⁻¹} e estádios de desenvolvimento da planta daninha

| Dose de {(diuron + hexazinone) + MSMA} (kg ha ⁻¹) | Estádios da planta daninha | Controle (%) | | | |
|---|-------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| | | 07 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 49 DAA |
| 0,00 ^{1/} | 2 a 4 folhas | 0,0 a ^{2/} | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| | 1 a 4 afilhos | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a |
| 0,60 + 0,72 | 2 a 4 folhas | 88,3 a | 99,0 a | 97,5 a | 94,0 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 50,0 b | 93,0 b | 91,3 b | 79,5 b |
| | 1 a 4 afilhos | 79,0 a | 99,0 a | 97,5 a | 94,3 a |
| 0,75 + 0,90 | 2 a 4 folhas | 94,5 a | 99,3 a | 97,5 a | 94,3 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 58,8 b | 94,3 b | 94,5 b | 88,3 b |
| | 1 a 4 afilhos | 93,8 a | 99,8 a | 99,0 a | 98,0 a |
| 0,90 + 1,08 | 2 a 4 folhas | 95,0 a | 99,8 a | 99,3 a | 95,8 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 67,5 b | 94,8 b | 98,3 a | 96,3 a |
| | 1 a 4 afilhos | 94,3 a | 100,0 a | 99,8 a | 98,3 a |
| 1,05 + 1,26 | 2 a 4 folhas | 94,8 a | 100,0 a | 97,8 a | 98,5 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 70,0 b | 98,3 a | 99,0 a | 96,3 a |
| | 1 a 4 afilhos | 97,5 a | 100,0 a | 100,0 a | 99,0 a |
| 1,20 + 1,44 | 2 a 4 folhas | 94,8 a | 100,0 a | 99,5 a | 98,0 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 70,0 b | 100,0 a | 98,0 a | 97,3 a |
| | 1 a 4 afilhos | 94,8 a | 97,8 a | 99,8 a | 98,0 a |
| Testemunha capinada | 2 a 4 folhas | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a |
| | 6 folhas, 1 afilho | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a |
| | 1 a 4 afilhos | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a | 100,0 a |
| Média Geral | | 73,5 | 84,5 | 84,2 | 82,2 |
| CV (%) | | 9,5 | 2,5 | 2,1 | 3,7 |

^{1/} Testemunha infestada, sem aplicação de herbicida. ^{2/} Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

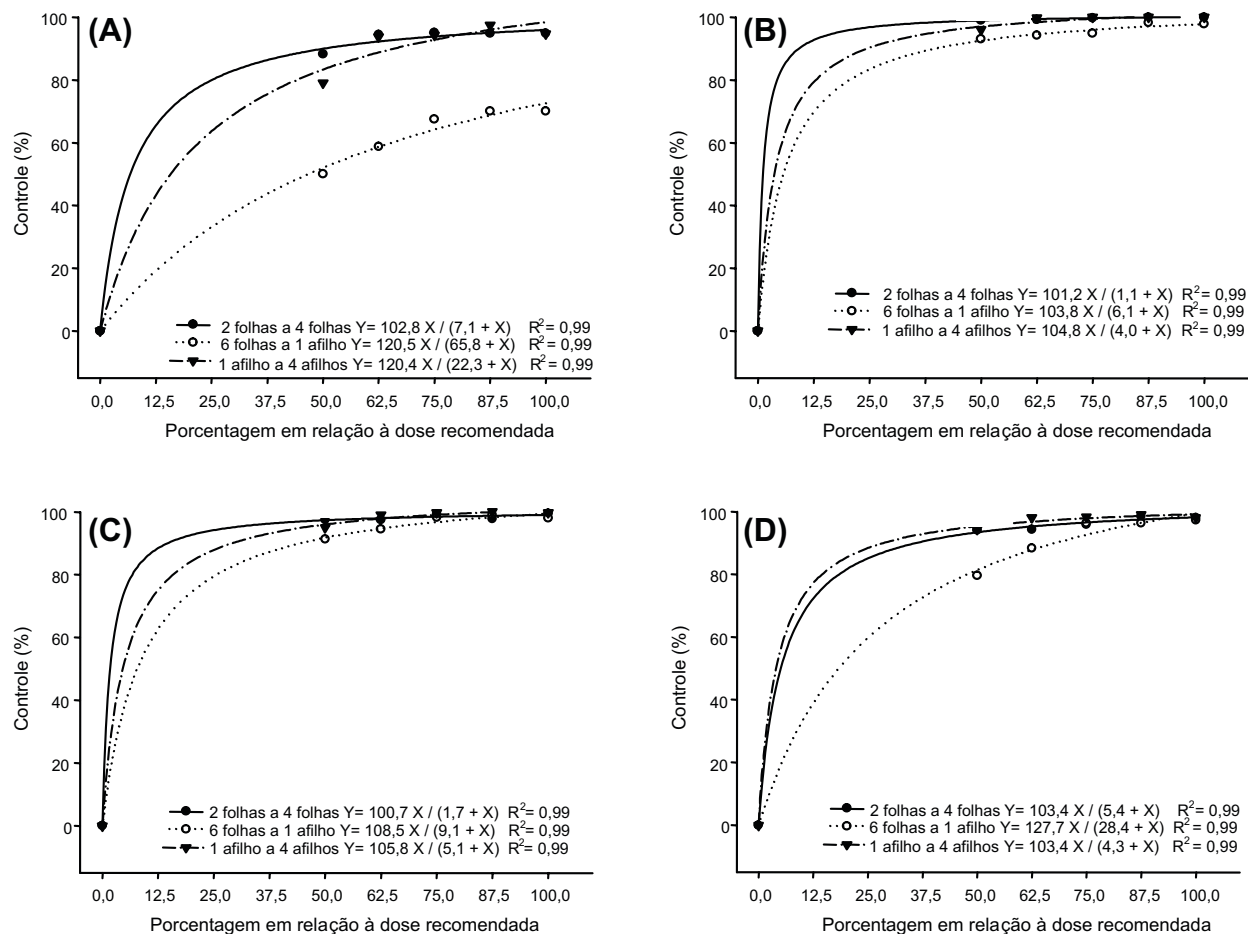


Figura 1 - Controle de *Brachiaria brizantha* aos 7 (A), 21 (B), 35 (C) e 49 (D) dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), em função da porcentagem em relação à dose recomendada de {(diuron + hexazinone – 1,20 kg ha⁻¹) + MSMA 1,44 L ha⁻¹} e dos estádios de desenvolvimento da planta daninha.

sobretudo nos estádios mais tardios, em que os herbicidas foram aplicados. Entretanto, nas avaliações efetuadas aos 21, 35 e 49 DAA, a partir da dose de 0,75 + 0,9 kg ha⁻¹ de {(diuron + hexazinone) + MSMA}, o percentual de controle elevou-se: a aplicação efetuada quando a planta daninha estava no estágio de duas a quatro folhas aproximou-se dos 100%, enquanto aplicações mais tardias resultaram em menores índices de controle (Figura 1A, B, C e D).

Ao se aplicar herbicida em estádios mais jovens, normalmente a eficiência de controle das plantas daninhas é melhor do que nas aplicações mais tardias (Concenço & Galon, 2011). Algumas pesquisas (Dieleman et al., 1996; Rizzarda & Fleck, 2004), ao avaliarem aplicações de doses reduzidas de herbicidas

em estádios de desenvolvimento de plantas daninhas, também constataram melhor efeito dos produtos quando aplicados sobre plantas jovens ou pequenas. Convém destacar que o controle de plantas daninhas mais desenvolvidas normalmente requer o incremento das doses de herbicidas (Berti et al., 1996). Em trabalho desenvolvido por Jordan et al. (1997) foi constatado que a idade e o tamanho de plântulas de *Sorghum halepense* influenciaram a eficácia de herbicidas graminicidas, sendo observado controle inferior quando as plantas apresentavam mais folhas e quando as aplicações foram realizadas mais tardiamente, ao se usarem doses reduzidas dos herbicidas avaliados.

Observou-se que a intoxicação aos 7 DAA foi maior na terceira época de aplicação,



Tabela 2 - Intoxicação (%) da cana-de-açúcar variedade RB867515 aos 7, 21, 35 e 49 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), em função de doses de {(diuron + hexazinone - 1,20 kg ha⁻¹) + MSMA - 1,44 kg ha⁻¹} e estádios de desenvolvimento da cultura

| Dose de {(diuron + hexazinone + MSMA) (kg ha ⁻¹)} | Estádios da cultura | Intoxicação (%) | | | | Produtividade de colmos (t ha ⁻¹) |
|---|------------------------|---------------------|---------|---------|--------|---|
| | | 07 DAA | 21 DAA | 35 DAA | 49 DAA | |
| 0,00 ^{1/} | 2 a 3 folhas | 0,0 a ^{2/} | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 53,3 a |
| | 4 a 5 folhas | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 57,5 a |
| | 6 a 7 folhas | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 54,7 a |
| 0,60 + 0,72 | 2 a 3 folhas | 11,8 b | 27,3 ab | 8,5 b | 5,0 ab | 86,5 a |
| | 4 a 5 folhas | 9,3 b | 22,0 b | 14,8 a | 6,3 a | 93,7 a |
| | 6 a 7 folhas | 28,8 a | 35,5 a | 12,8 ab | 2,3 b | 63,4 b |
| 0,75 + 0,90 | 2 a 3 folhas | 14,3 b | 24,5 b | 8,5 a | 5,8 a | 101,9 a |
| | 4 a 5 folhas | 10,5 b | 30,0 ab | 14,3 a | 3,8 a | 74,6 b |
| | 6 a 7 folhas | 34,3 a | 37,0 a | 11,5 a | 2,3 a | 94,6 ab |
| 0,90 + 1,08 | 2 a 3 folhas | 16,3 b | 34,3 a | 5,0 b | 5,0 a | 92,2 a |
| | 4 a 5 folhas | 12,3 b | 30,8 a | 17,5 a | 4,8 ab | 69,7 b |
| | 6 a 7 folhas | 32,3 a | 36,3 a | 10,5 b | 1,3 b | 82,3 ab |
| 1,05 + 1,26 | 2 a 3 folhas | 17,5 b | 29,5 a | 8,5 a | 5,0 a | 90,9 a |
| | 4 a 5 folhas | 15,0 b | 27,5 a | 13,8 a | 4,0 a | 89,4 a |
| | 6 a 7 folhas | 31,3 a | 36,3 a | 9,0 a | 2,5 a | 91,1 a |
| 1,20 + 1,44 | 2 a 3 folhas | 18,0 b | 27,0 b | 9,0 b | 4,5 a | 110,4 a |
| | 4 a 5 folhas | 17,3 b | 31,3 ab | 16,3 a | 6,5 a | 103,4 ab |
| | 6 a 7 folhas | 32,5 a | 37,5 a | 11,5 ab | 4,3 a | 82,9 b |
| Testemunha capinada | 2 a 3 folhas | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 89,3 b |
| | 4 a 5 folhas | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 90,6 b |
| | 6 a 7 folhas | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 0,0 a | 98,2 a |
| Média Geral | | 14,4 | 22,2 | 8,2 | 3,0 | 84,3 |
| CV (%) | | 28,1 | 22,7 | 34,4 | 60,1 | 14,9 |

^{1/} Testemunha infestada, sem aplicação de herbicida. ^{2/} Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

quando a cultura se encontrava em média com 6 a 7 folhas completamente expandidas, em todas as doses avaliadas (Tabela 2). Os sintomas de fitotoxicidade da mistura de diuron+hexazinone às plantas de cana-de-açúcar foram similares aos observados por Fadayomi (1988), trabalhando com aplicação dessa mistura sobre clones de cana-de-açúcar plantados em diferentes solos. Esse autor concluiu que os efeitos sobre a cultura foram mais severos em solos com menor teor de argila e matéria orgânica e identificou diferenças de suscetibilidade entre clones, com indicação de ajustar a dose dessa mistura em função da sensibilidade do clone e das características edáficas. Concenço & Galon (2011) demonstram que a translocação dos herbicidas por via simplástica extrafloema

(plasmodesmos) é maior em plantas novas; dessa forma, clones sensíveis podem ser mais severamente afetados quando o herbicida é aplicado sobre plantas mais novas.

Assim, fica evidente que, em estádios iniciais de desenvolvimento, antes que características morfofisiológicas sejam determinantes no nível de impacto do herbicida na planta (Concenço & Galon, 2011), quanto mais desenvolvida estiver a cultura, menor é a tolerância desta aos herbicidas, sendo o efeito mais severo sobre clones mais sensíveis. A intoxicação da cultura aos 21 ou 35 DAA ainda foi elevada, vindo a diminuir consideravelmente aos 49 DAA, quando se observou 6,5% como a maior nota de intoxicação ou 3,5% como média geral, sendo esses valores

considerados baixos. De acordo com Velini et al. (1993), o índice de intoxicação considerado tolerável pela cana-de-açúcar sem que ocorram danos nos aspectos produtivos é de 27%. Intoxicações maiores foram observadas em doses acima de 0,6 + 0,72 kg ha⁻¹ da associação dos herbicidas {(diuron + hexazinone) + MSMA}, principalmente quando aplicados nas plantas em estágio vegetativo mais avançado. Aos 35 e 49 DAA, verificou-se que a cultura se recuperou das injúrias provocadas pelos herbicidas. De modo similar, Maciel et al. (2008) constataram redução dos sintomas de injúrias, das misturas formuladas comercialmente dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryne e hexazinone + diuron sobre a cana-de-açúcar, após os 28 DAA, vindo a desaparecer por completo aos 63 DAA.

Ocorreu maior intoxicação às plantas aos 7 e 21 DAA de acordo com o aumento da dose dos herbicidas, nas aplicações efetuadas quando a cana-de-açúcar se encontrava com duas a três ou com seis a sete folhas (Figura 2A e B). Ao aplicar os herbicidas associados no último estágio de desenvolvimento da cultura, observou-se injúria semelhante entre as doses de 0,6 + 0,72 ou 1,2 + 1,44 kg ha⁻¹ de {(diuron + hexazinone) + MSMA}. O diuron + hexazinone, na dose recomendada e em pré-emergência das plantas daninhas, provocou intoxicação média de 12,5% aos sete dias após a emergência da cana-de-açúcar em trabalho conduzido por Barela & Christoffoleti (2006). Desse modo, espera-se maior intoxicação desses herbicidas quando aplicados em pós-emergência da cultura, em razão principalmente de esta interceptar maior quantidade do produto, até

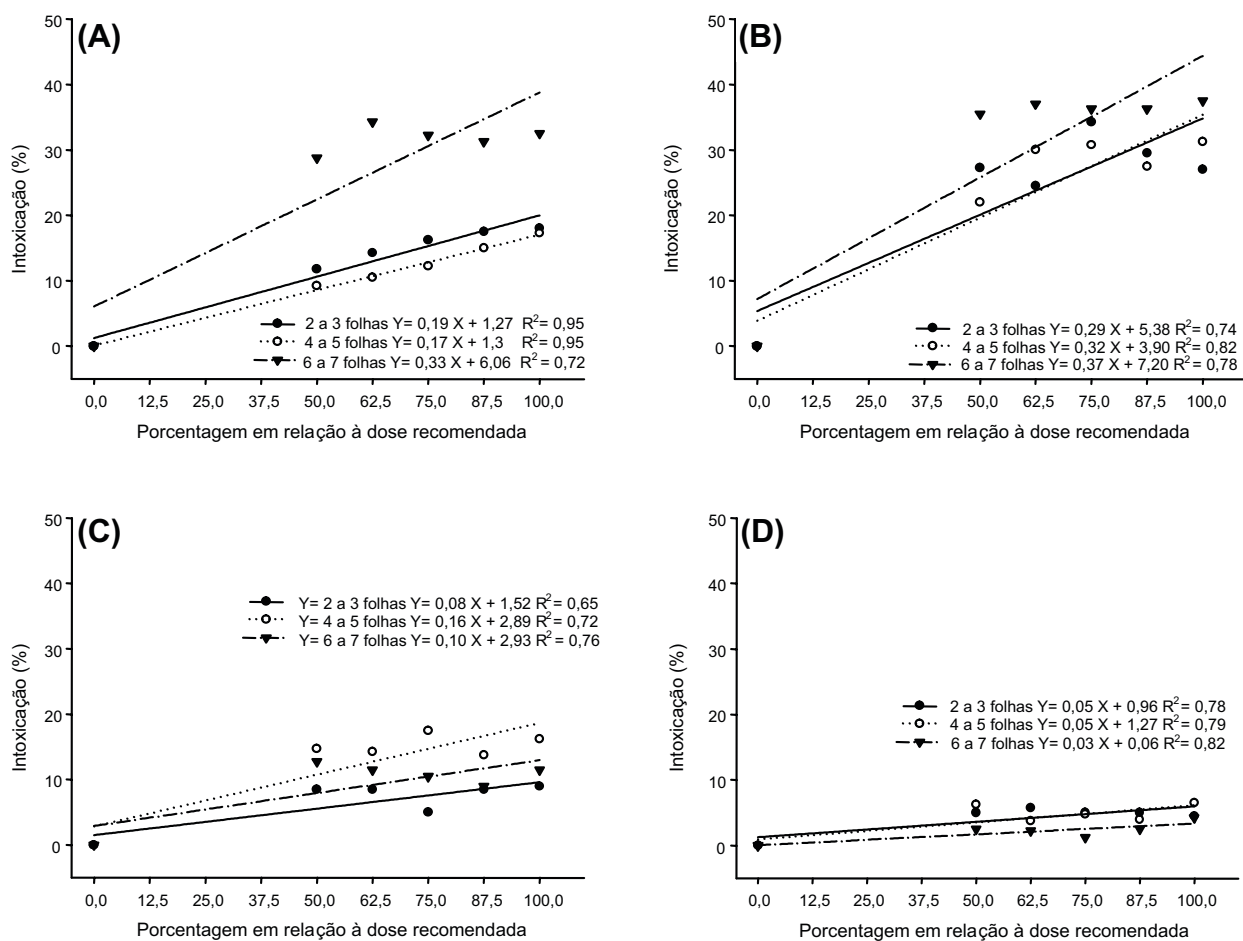


Figura 2 - Intoxicação (%) em cana-de-açúcar cultivar RB867515 aos 7 (A), 21 (B), 35 (C) e 49 (D) dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), em função da porcentagem da dose recomendada de {(diuron + hexazinone - 1,20 kg ha⁻¹) + MSMA - 1,44 kg ha⁻¹} e dos estádios de desenvolvimento da cultura.



o momento do desenvolvimento em que a morfofisiologia da planta limita a translocação e ação do produto (Concenço & Galon, 2011). De modo geral, observou-se que os efeitos de intoxicação das plantas ao se aumentarem as doses dos herbicidas foi elevado. Corroboram esses resultados os observados por Galon et al. (2009) ao aplicarem trifloxysulfuron-sodium, ametryn e ametryn + trifloxysulfuron-sodium em várias doses em diversos genótipos de cana-de-açúcar, considerando que alguns apresentaram maior suscetibilidade a esses herbicidas que outros. Vários trabalhos têm salientado que a diferença de suscetibilidade de genótipos de cana-de-açúcar a herbicidas deve-se principalmente aos seguintes fatores: características intrínsecas de cada genótipo, estágio de desenvolvimento da cultura no momento da aplicação, peculiaridades físico-químicas dos próprios herbicidas que são aspergidos sobre a cultura e características edafoclimáticas (Barela & Christoffoleti, 2006; Galon et al., 2009; Martins et al., 2010).

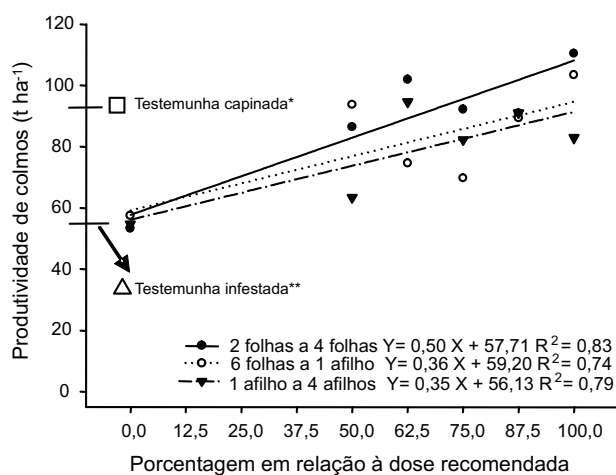
Os sintomas de intoxicação das culturas por herbicidas são geralmente maiores logo após a aplicação destes, porém, com o passar do tempo, normalmente as plantas tendem a se recuperar. Aos 35 e 49 DAA, mesmo que as plantas de cana-de-açúcar ainda apresentem algum sintoma, observou-se tendência do desaparecimento deles (Figura 2C e D). O diuron + hexazinone, na dose recomendada, provocou intoxicação de 17,5 e 10,0% para os cultivares IACSP94-2101 e IAC86-2480 aos 15 DAA, respectivamente (Souza et al., 2009). O MSMA é um herbicida que apresenta elevado potencial de intoxicar a cana-de-açúcar; os sintomas visuais podem permanecer por até 90 dias após a aplicação, porém eles não ocasionam redução da produtividade da cultura, de acordo com Carvalho et al. (2005).

Observou-se tendência de menor produtividade da cana-de-açúcar ao aplicar os herbicidas nas épocas mais tardias, ou seja, quando a cultura se encontrava com quatro a cinco folhas ou seis a sete folhas completamente expandidas (Tabela 2). Esses resultados podem ser atribuídos à maior injúria sofrida pelas plantas quando se aplicaram os herbicidas em fase mais tardia de desenvolvimento. Outro fator que pode ter contribuído para a menor produtividade da cultura

é a interferência ocasionada pela população de 23 plantas m^{-2} de *B. brizantha* presente na área experimental, pois a cana-de-açúcar conviveu com essa espécie por 60 dias após a emergência (DAE). Apesar de alguns trabalhos ressaltarem que o período crítico de interferência é superior aos 60 DAE (Kuva et al., 2008), em condições edafoclimáticas críticas pode haver a diminuição desse período, o que vem corroborar os resultados obtidos neste estudo.

Ocorreu acréscimo na produtividade da cana-de-açúcar com o incremento das doses dos herbicidas, independentemente do estágio de desenvolvimento da cultura (Figura 3). O incremento na dose dos produtos ocasionou resposta linear positiva na produtividade de colmos de cana-de-açúcar, associado ao maior grau de controle de *B. brizantha* com o aumento na dose (Figura 1A, B, C e D); isso permitiu à cultura desenvolver-se plenamente sem interferência da planta daninha, resultando em produtividade similar à da testemunha capinada.

Analisando a Figura 3, percebe-se que para cada redução de 12,5% na dose dos herbicidas {(diuron + hexazinone) + MSMA}, dentro



* e ** Médias de produtividades de colmos da cana-de-açúcar das três épocas de controle para a testemunha capinada e infestada, respectivamente.

Figura 3 - Produtividade de colmos de cana-de-açúcar variedade RB867515 aos 350 dias após a aplicação dos herbicidas, em função de estágios de desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* e doses de {(diuron + hexazinone - 1,20 kg ha^{-1}) + MSMA - 1,44 kg ha^{-1} do ingrediente ativo}.

do intervalo avaliado, houve queda aproximada de 6, 5 e 5 t ha⁻¹ na produtividade de colmos de cana-de-açúcar, respectivamente para as épocas de aplicação de duas a quatro folhas, de seis folhas a um perfilho e de um a quatro perfilhos de *B. brizantha*. Convém ressaltar que o atraso na aplicação dos herbicidas ocasionou, em termos gerais, menor produtividade da cultura em todas as doses testadas (Tabela 2, Figura 3). Isso ocorreu pelo fato de que, quanto mais tardiamente for efetuado o controle das plantas daninhas, maior é a interferência destas, o que contribui de maneira significativa para redução do rendimento da cana-de-açúcar. Salienta-se ainda que o uso de herbicidas representou acréscimo de produtividade superior ao da testemunha infestada em 57 t ha⁻¹ (52%) e 18 t ha⁻¹ (17%) em relação à testemunha capinada. Ressalta-se novamente que o controle das plantas daninhas se faz necessário para evitar perda de rendimento da cultura, usando-se herbicidas ou capinas. Contudo, como as capinas podem danificar as raízes da cana-de-açúcar ou ocasionar o rebrote das plantas daninhas, pode haver menor rendimento, como o observado neste estudo. Além disso, o uso do método mecânico de controle (capina) em canaviais brasileiros é oneroso, pouco eficiente e demanda muita mão de obra, o que gera elevados custos, se comparado ao método químico de controle.

De acordo com os resultados, pode-se concluir que em todas as situações avaliadas o controle de *B. brizantha* variou entre 50 e 100%; nas maiores doses, os herbicidas apresentaram melhor eficiência de controle. Constatou-se que o melhor controle de *B. brizantha*, considerando todo o ciclo da cana-de-açúcar, foi obtido com aplicação dos herbicidas nos estádios de duas a quatro folhas da planta daninha. Houve incremento da intoxicação da cultura com o aumento das doses dos herbicidas, em todas as épocas de avaliação. Observaram-se os maiores efeitos de intoxicação quando os herbicidas foram aplicados na fase de maior desenvolvimento da cana-de-açúcar, levando a maiores sintomas, porém a cultura recuperou-se dos danos, obtendo-se maior produtividade de colmos com o uso dos produtos, em comparação com a capina manual.



AGRADECIMENTOS

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

LITERATURA CITADA

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematocidas.

Planta Daninha, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

BERTI, A. et al. A new approach to determine when to control weeds. **Weed Sci.**, v. 44, n. 3, p. 496-503, 1996.

BOSTRÖM, U.; FOGELFORS, H. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines.

Weed Sci., v. 50, n. 2, p. 186-195, 2002.

CARVALHO, F. T.; CAVAZZANA, M. A.; GALBIATTI JÚNIOR, W. Eficácia do herbicida flazasulfuron no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar e seus efeitos no crescimento e produtividade da cultura. **R. Bras. Herbic.**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2005.

CONCENÇO, G.; GALON, L. Plasmodesmata: symplastic transport of herbicides within the plant. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. (Eds.). **Herbicidas – theory and applications**. Rijeka: Intech, 2011. p. 455-470.

DIELEMAN, A. et al. Decision rules for postemergence control of pigweed (*Amaranthus* spp.) in soybean (*Glycine max*). **Weed Sci.**, v. 44, n. 1, p. 126-132, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: 2006. 412 p.

FADAYOMI, O. Weed control in sugar cane with hexazinone alone and in combination with diuron. **J. Agric. Sci.**, v. 111, n. 2, p. 333-337, 1988.

FERNANDES, P. C. R. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FILIZOLA, H. F. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1083-1093, 2009. (Numero Especial)

JORDAN, D. L. et al. Comparison of graminicides applied at equivalent costs in soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, v. 11, n. 4, p. 804-809, 1997.

KUVA, M. A. et al. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 549-557, 2008.

MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryne e hexazinone + diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 665-676, 2008.

MARTINS, D. et al. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1125-1134, 2010. (Número Especial)

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guanxuma em soja. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 117-125, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: 2005. p. 275-289.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

VELINI, E. D. et al. Avaliação dos efeitos de doses do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB**, v. 12, n. 2, p. 30-35, 1993.

