

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS E SELETIVIDADE DE SULFENTRAZONE + DIURON EM CANA-DE-AÇÚCAR (CULTIVAR RB 966928)

WEED CONTROL AND SELECTIVITY OF SULFENTRAZONE + DIURON ON SUGAR CANE (CULTIVAR RB 966928)

Bruno Teixeira de Sousa^{a*}, Allan Ricardo Domingues^a, Graciano Augusto Peviani Balotta^a, Dionisio Fabio Matsumoto Andrade^a, Giliardi Dalazen^a^aDepartamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente: bruno.t.sousa@hotmail.com.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO**Histórico do artigo:**

Recebido: 20 Setembro 2019.

Aceito: 21 Março 2020.

Publicado: 13 Abril 2020.

Palavras-chave/Keywords:

Eficácia/ Effectiveness.

FSII/ PSII.

Herbicida pré-emergente/ Pre-emergent herbicide.

PROTOX/ PROTOX.

Saccharum officinarum L./ *Saccharum officinarum* L..**Financiamento:**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Citação deste artigo:

Sousa, B. T.; Domingues, A. R.; Balotta, G. A. P.; Andrade, D. F. M.; Dalazen, G. Controle de plantas daninhas e seletividade de sulfentrazone + diuron em cana-de-açúcar (cultivar rb 966928). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 4, 2019.

RESUMO

A seletividade e eficiência são características fundamentais para a recomendação de herbicidas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o controle de plantas daninhas e a seletividade em cana-de-açúcar da mistura comercial sulfentrazone + diuron (Stone, 700 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha⁻¹ de diuron, SC, FMC) em cinco doses: D1: zero g i.a. ha⁻¹; D2: 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹; D3: 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹; D4: 1050 g i.a. ha⁻¹ + 2100 g i.a. ha⁻¹; D5: 1400 g i.a. ha⁻¹ + 2800 g i.a. ha⁻¹; e em duas modalidades de aplicação: pré e pós-emergência inicial. Foram conduzidos dois experimentos, um para cada modalidade de aplicação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foi avaliado o controle de plantas daninhas e a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m), a estatura, massa fresca e massa seca da parte aérea e o volume e massa seca de raízes da cana-de-açúcar. A aplicação em pós-emergência da mistura comercial sulfentrazone + diuron afetou o F_v/F_m em todas as doses avaliadas. Porém, as menores doses do herbicida (D2 e D3) não influenciaram negativamente nas variáveis fitométricas. Mesmo na menor dose (D2), o controle das plantas daninhas foi total durante o período de avaliações. As doses de sulfentrazone + diuron, entre 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹ e 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹, em pré e pós-emergência inicial, são eficientes no controle de plantas daninhas e seletivas para a cana-de-açúcar cultivar RB 966928.

ABSTRACT

Selectivity and efficiency are key characteristics for herbicide recommendation. The objective of this work was to evaluate weed control and sugarcane selectivity of the commercial sulfentrazone + diuron mixture (Stone, 700 g a.i. ha⁻¹ of sulfentrazone + 1400 g a.i. ha⁻¹ of diuron, SC, FMC) in five doses: D1: zero g a.i. ha⁻¹; D2: 350 g a.i. ha⁻¹ + 700 g a.i. ha⁻¹; D3: 700 g a.i. ha⁻¹ + 1400 g a.i. ha⁻¹; D4: 1050 g a.i. ha⁻¹ + 2100 g a.i. ha⁻¹; D5: 1400 g a.i. ha⁻¹ + 2800 g a.i. ha⁻¹; in two application modalities: pre- and initial post-emergence. Two experiments were conducted, one for each application mode, with four replications in completely randomized design. Weed control, maximum photochemical efficiency of photosystem II (F_v/F_m), height, fresh mass and dry mass of shoot and root volume and dry mass of sugarcane were evaluated. Post-emergence application of the commercial sulfentrazone + diuron mixture affected F_v/F_m at all doses evaluated. However, the lower herbicide doses (D2 and D3) did not negatively influence the phytometric variables. Even at the lowest dose (D2) weed control was total during the evaluation period. Sulfentrazone + diuron doses, between 350 g a.i. ha⁻¹ + 700 g a.i. ha⁻¹ and 700 g a.i. ha⁻¹ + 1400 g a.i. ha⁻¹, in pre- and initial post-emergence, are efficient in weed control and selective for sugarcane cultivar RB 966928.

1. Introdução

A aplicação de misturas comerciais ou misturas em tanque de dois ou mais herbicidas é uma prática bastante difundida no manejo de plantas daninhas no Brasil e no mundo. Dentre as vantagens observadas pela associação de herbicidas destacam-se o possível sinergismo, o incremento no espectro de controle, o auxílio no manejo de espécies resistentes e o aumento do período residual, resultantes das características distintas dos produtos (RILEY; BRADLEY, 2014). A mistura comercial dos herbicidas diuron e sulfentrazone foi introduzida recentemente no mercado para o manejo de plantas daninhas nos sistemas de produção da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e outras culturas (BRASIL, 2020).

O herbicida diuron é um inibidor da cadeia transportadora de elétrons no fotossistema II (FSII). Sua ação decorre da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) devido ao acúmulo de energia no FSII, quando o herbicida bloqueia a passagem de elétrons da quinona A (Qa) para a quinona B (Qb). Com o acúmulo de EROs ocorre a degradação das membranas e o extravasamento celular, gerando necrose e morte das plantas. O sulfentrazone, por sua vez, atua inibindo a conversão de protoporfirinogenio a protoporfirina pela enzima PPO (protoporfirinogen oxidase). No entanto, a morte das plantas também ocorre devido ao acúmulo de EROs e peroxidação de lipídeos nas membranas (COBB; READE, 2010). Dessa forma, trata-se de dois herbicidas que têm como consequência final a peroxidação de lipídeos na presença de luz, embora por rotas diferentes. Isso torna interessante a utilização dessa mistura, uma vez que a produção de EROs ocorre concomitantemente por duas rotas diferentes. Além disso, a mistura desses ingredientes ativos justifica-se pelo fato de que o diuron atua principalmente sobre gramíneas, ao passo que o sulfentrazone tem bom efeito sobre dicotiledôneas, embora também atue sobre algumas espécies de monocotiledôneas (PROCÓPIO; SILVA; VARGAS, 2008).

Uma das características essenciais para os herbicidas é a seletividade, que é a capacidade do herbicida em controlar as plantas daninhas sem prejudicar a produtividade e qualidade da cultura (DIAS; SILVA JUNIOR; QUEIROZ, 2017). A seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar é dependente das características físico-químicas e da dose utilizada, do estágio de desenvolvimento, modalidade de aplicação (pré ou pós-emergência da cultura), da suscetibilidade dos genótipos e das condições edafoclimáticas, incluindo as características do solo (TORRES et al., 2012). Segundo Soares et al. (2011), na avaliação da seletividade utiliza-se a fitotoxicidade das plantas aliada a outros parâmetros, como os fisiológicos (eficiência fotoquímica, condutância estomática, transpiração, etc.), de crescimento (altura, número de perfilhos), produtividade ($t\ ha^{-1}$) e tecnológicos (Brix, Pol, ATR).

Como hipóteses do presente trabalho, tem-se que a cultura da cana-de-açúcar pode apresentar respostas diferenciadas à aplicação de doses da mistura comercial

sulfentrazone + diuron em diferentes estágios da cultura, pré e/ou pós-emergência inicial, e ter como consequências problemas de fitotoxicidade e redução das taxas de crescimento e desenvolvimento. Além disso, espera-se que o controle de plantas daninhas seja variável em resposta às doses da mistura dos herbicidas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de plantas daninhas e a seletividade para cana-de-açúcar do herbicida sulfentrazone + diuron aplicado em diferentes doses e estágios de aplicação da cultura.

2. Material e Métodos

Composição das unidades experimentais e material vegetal

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina. As unidades experimentais foram compostas por vasos de polietileno com capacidade de 15 L, contendo uma mistura de latossolo vermelho e areia (2:1 v/v), resultando em um substrato com as seguintes características: teor de argila: 45%; teor de silte: 25%; teor de areia: 30%; pH em água 5,5; matéria orgânica: 1,87%.

O material propagativo utilizado foram minitoletes da cultivar RB 966928, plantados na profundidade de 5 cm. Foram plantados três minitoletes em cada vaso e depois da emergência das plantas foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por vaso. A irrigação dos vasos foi realizada periodicamente, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo.

Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos isolados, sendo um para a aplicação em modalidade pré-emergente e outro pós-emergente da cultura da cana-de-açúcar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e duas plantas por parcela. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses do herbicida sulfentrazone + diuron (Stone, 700 g i.a. ha^{-1} de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha^{-1} de diuron, SC, FMC), sendo: dose 1 (D1): sem aplicação de herbicida, zero g i.a. ha^{-1} ; dose 2 (D2): 350 g i.a. ha^{-1} de sulfentrazone + 700 g i.a. ha^{-1} de diuron; dose 3 (D3): 700 g i.a. ha^{-1} de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha^{-1} de diuron; dose 4 (D4): 1050 g i.a. ha^{-1} de sulfentrazone + 2100 g i.a. ha^{-1} de diuron; dose 5 (D5): 1400 g i.a. ha^{-1} de sulfentrazone + 2800 g i.a. ha^{-1} de diuron. Os tratamentos foram equivalentes a 0, 2, 4, 6 e 8 L ha^{-1} do produto comercial. Além desses tratamentos, também havia uma testemunha capinada, mantida livre de presença de plantas daninhas.

No dia da aplicação dos tratamentos, momentos antes da aplicação, foi distribuída sobre cada unidade experimental uma camada de 1 cm de solo com infestação natural de plantas daninhas, para a infestação das unidades experimentais e avaliações de eficiência de controle das doses do herbicida. Antes da distribuição, o solo foi homogeneizado para se garantir uma distribuição igual das

plantas daninhas.

Aplicação dos tratamentos

A aplicação do herbicida em ambos os experimentos foi realizada em um único dia, onde as plantas dos tratamentos em pós-emergência inicial estavam com 28 dias, e os vasos dos tratamentos para pré-emergência tiveram os minitoletes plantados momentos antes da aplicação.

A pulverização das doses do herbicida foi realizada com pulverizador costal pressurizado por CO₂, contendo barra de 2 metros, com quatro pontas TJ 110.03 espaçadas a 50 cm. A velocidade de deslocamento foi de 1 m s⁻¹, com pressão de 275,8 kPa, resultando em volume de calda de 300 L ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante do herbicida.

Avaliações e análise estatística dos dados

Na cana-de-açúcar, a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II, dada pela razão F_v/F_m através da análise de fluorescência da clorofila *a*, foi medida 24 horas após aplicação nos tratamentos de pós-emergência inicial, utilizando fluorômetro portátil OS1p (OptiSciences).

Inicialmente, a fluorescência basal (F_0) foi registrada após aclimação das plantas ao escuro. Em seguida, a fluorescência máxima (F_m) foi registrada após um pulso de luz saturante, e a fluorescência variável (F_v) calculada por: $F_v = F_m - F_0$ (SHIMIZU et al., 2006). Nos tratamentos em pré-emergência, devido à modalidade de aplicação e à ausência de folhas, essa avaliação não foi realizada.

Além da razão F_v/F_m , foram avaliadas as variáveis altura final de plantas, massa fresca e seca de parte aérea e volume e massa seca de raízes aos 70 dias após aplicação (DAA). Para a determinação da massa fresca de parte aérea, as plantas de cada unidade experimental foram cortadas rente ao substrato do vaso e imediatamente pesadas. As raízes foram retiradas cuidadosamente dos vasos e lavadas com água corrente para a avaliação do volume radicular em proveta graduada. Para a determinação da massa seca da parte aérea e raízes, após acondicionadas em sacos de papel,

as amostras foram levadas à estufa de circulação de ar forçada, com temperatura média de 60 °C durante sete dias.

A avaliação de controle de plantas daninhas foi realizada visualmente por meio de duas contagens do número de plantas presentes em cada unidade experimental, aos 20 e 40 DAA. Além disso, aos 63 DAA as plantas daninhas foram coletadas para a obtenção de massa seca. Nessa mesma avaliação, as plantas foram identificadas e contabilizadas por espécie em cada tratamento.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, posteriormente, submetidas ao teste de polinômios de regressão e teste Tukey ($p \leq 0,05$).

3. Resultados e Discussão

Eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m)

As plantas de cana-de-açúcar da variedade RB 966928 expostas à aplicação do herbicida sulfentrazone + diuron em pós-emergência inicial da cultura apresentaram menor razão F_v/F_m em relação ao tratamento testemunha, com valores médios entre 0,45 e 0,72 (Figura 1). A razão F_v/F_m pode variar de 0,75 a 0,85 em plantas não submetidas a estresses (RIBEIRO et al., 2004), sendo considerado normal para maioria das culturas o valor de 0,8 (BAKER, 2008). A redução dessa razão é um indicador de efeito inibitório do FSII causado por herbicidas inibidores da cadeia transportadora de elétrons, como o diuron, ou quando as plantas estão submetidas a algum tipo de estresse (ARAUS; HOGAN, 1994). Assim, constatou-se que a eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m), avaliada 24h após o tratamento, foi significativamente prejudicada pela aplicação do herbicida, independentemente da dose, dados pelos valores inferiores a 0,6 observados. Dados semelhantes para a redução de F_v/F_m são relatados por Corrêa et al. (2018) após aplicação de sulfentrazone e diuron em abacaxizeiro.

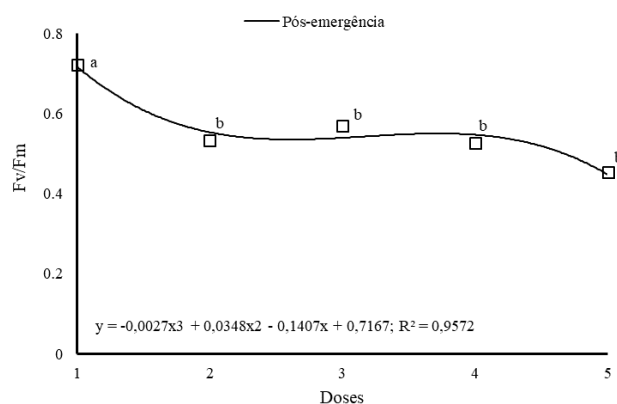


Figura 1. Eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m) em plantas de cana-de-açúcar em resposta à aplicação de doses crescentes de sulfentrazone + diuron (dose 1: zero g i.a. ha⁻¹; dose 2: 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹; dose 3: 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹; dose 4: 1050 g i.a. ha⁻¹ + 2100 g i.a. ha⁻¹; dose 5: 1400 g i.a. ha⁻¹ + 2800 g i.a. ha⁻¹) em pós-emergência. Letras minúsculas indicam diferença pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Altura de plantas

A altura das plantas aos 70 DAA foi afetada diretamente pela aplicação dos tratamentos com as maiores doses avaliadas do herbicida (D4 e D5), tanto em pré-emergência quanto pós-emergência inicial da cultura. Essas doses (6 e 8 L do produto comercial ha⁻¹) estão acima da recomendação pelo fabricante, que varia de 4 a 5 L do produto

comercial ha⁻¹. Os tratamentos realizados com as menores doses do herbicida (D2 e D3) não afetaram o desenvolvimento das plantas de cana, que apresentaram altura semelhante às plantas da testemunha capinada (Figura 2). No entanto, pode ser observado que, independente da dose, todos os tratamentos apresentaram plantas com altura superior à testemunha infestada, representada na figura pela linha pontilhada horizontal.

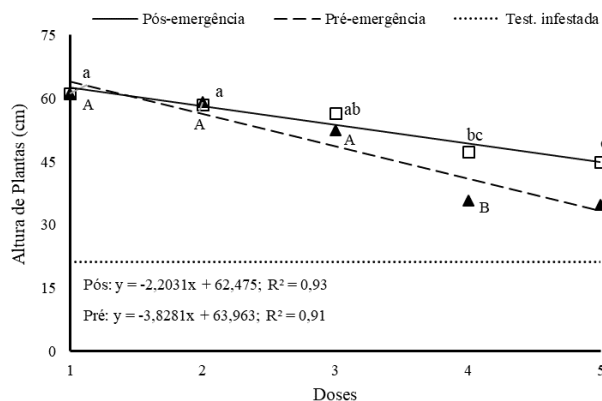


Figura 2. Altura de plantas de cana-de-açúcar em resposta à aplicação de doses de sulfentrazone + diuron (dose 1: zero g i.a. ha⁻¹; dose 2: 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹; dose 3: 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹; dose 4: 1050 g i.a. ha⁻¹ + 2100 g i.a. ha⁻¹; dose 5: 1400 g i.a. ha⁻¹ + 2800 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência (- - -) e em pós-emergência (—) de cana-de-açúcar. Linha pontilhada (.....) refere-se ao valor observado para o tratamento testemunha infestada. Letras minúsculas e maiúsculas indicam diferença entre as doses em pós-emergência e pré-emergência, respectivamente, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05).

Acúmulo de massa fresca e de massa seca da parte aérea

Em relação à fitotoxicidade do herbicida observou-se que todos os tratamentos submetidos às maiores doses (D4 e D5) da mistura comercial sulfentrazone + diuron apresentaram sintomas de fitointoxicação, caracterizados por clorose nas folhas de cana-de-açúcar até os 70 DAA, tanto na aplicação em pré-emergência quanto na pós-emergência inicial da cultura (dados não apresentados). Em contrapartida, nas doses menores do herbicida (D2 e D3) não foi constatado nenhum sintoma de fitointoxicação nas plantas, para as duas modalidades de aplicação.

As médias de massa seca de parte aérea variaram

entre 43,3 e 76,4 g vaso⁻¹ para os tratamentos em pós-emergência inicial e 32,1 a 76,4 g vaso⁻¹ em pré-emergência (Figura 3). As plantas tratadas com as doses D4 (1050 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 2100 g i.a. ha⁻¹ de diuron) e D5 (1400 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 2800 g i.a. ha⁻¹ de diuron) apresentaram reduções de massa fresca de parte aérea de 26 e 38%, respectivamente, em pós-emergência, e 56 e 51% em pré-emergência. Na variável massa seca de parte aérea, as reduções foram de 30 e 43% em pós-emergência, e 58 e 53% em pré-emergência, respectivamente nas mesmas doses. Em doses inferiores à recomendada, não foram observadas reduções significativas na massa seca da parte aérea.

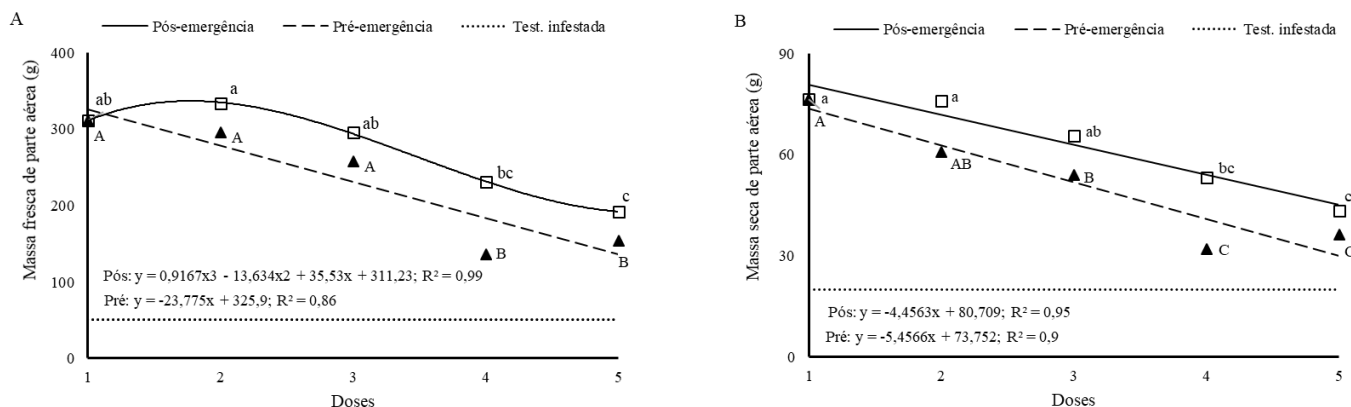


Figura 3. Massa fresca da parte aérea (A) e massa seca da parte aérea (B) de plantas de cana-de-açúcar (g vaso⁻¹) em resposta à aplicação de doses de sulfentrazone + diuron (dose 1: zero g i.a. ha⁻¹; dose 2: 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹; dose 3: 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹; dose 4: 1050 g i.a. ha⁻¹ + 2100 g i.a. ha⁻¹; dose 5: 1400 g i.a. ha⁻¹ + 2800 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência (- - -) e em pós-emergência (—) de cana-de-açúcar. Linha pontilhada (.....) refere-se ao valor observado para o tratamento testemunha infestada. Letras minúsculas e maiúsculas indicam diferença entre as doses em pós-emergência e pré-emergência, respectivamente, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05).

Volume e massa seca de raízes

Verificou-se que plantas expostas a qualquer dose da mistura comercial de sulfentrazone + diuron, aplicado em pré ou em pós-emergência, apresentaram decréscimo no volume e massa seca de raiz aos 70 DAA (Figura 4). Assim

como o conteúdo de massa fresca e seca de parte aérea, nos tratamentos submetidos às doses menores do herbicida (D2 e D3) apresentaram maiores médias para volume e massa seca de raízes do que as maiores doses do produto (D4 e D5).

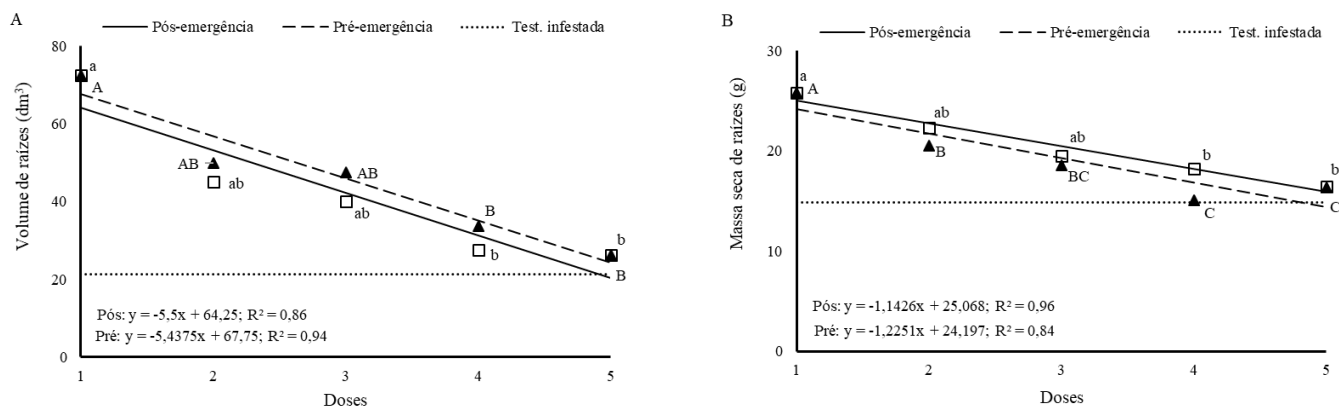


Figura 4. Volume de raízes (dm³ vaso⁻¹)(A) e massa seca de raízes (g vaso⁻¹)(B) de plantas de cana-de-açúcar em resposta à aplicação de doses de sulfentrazone + diuron (dose 1: zero g i.a. ha⁻¹; dose 2: 350 g i.a. ha⁻¹ + 700 g i.a. ha⁻¹; dose 3: 700 g i.a. ha⁻¹ + 1400 g i.a. ha⁻¹; dose 4: 1050 g i.a. ha⁻¹ + 2100 g i.a. ha⁻¹; dose 5: 1400 g i.a. ha⁻¹ + 2800 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência (- - -) e em pós-emergência (—) de cana-de-açúcar. Linha pontilhada (.....) refere-se ao valor observado para o tratamento testemunha infestada. Letras minúsculas e maiúsculas indicam diferença entre as doses em pós-emergência e pré-emergência, respectivamente, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05).

As médias de massa seca de raízes variaram entre 16,5 e 25,8 g vaso⁻¹ para os tratamentos em pós-emergência inicial, e de 15,1 a 25,8 g vaso⁻¹ para a aplicação em pré-emergência (Figura 3). Nos tratamentos em pós-emergência, as reduções no volume de raízes foram de 62 e 64%, e para a massa seca de raízes, de 29 e 36%, nas doses D4 e D5, respectivamente. Para os tratamentos em pré-emergência, as reduções no volume de raízes foram de 53 e 64%, e 41 e 37% na massa seca de raízes, respectivamente, para as doses D4 e D5.

As avaliações das variáveis indicadoras da seletividade do herbicida sulfentrazone + diuron demonstram que nas doses D2 e D3 as plantas de cana-de-açúcar não foram afetadas (Figuras 2, 3 e 4), exceto para a eficiência fotossistema máxima do FSII (F_v/F_m), em que para todas as doses a partir de D2, houve redução nessa variável (Figura 1). Souza et al. (2009) observaram pequenas reduções na eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) causadas por herbicidas utilizados em tratamento de cinco variedades de cana-de-açúcar, as quais não foram suficientes para prejudicar a altura de plantas e outros componentes de produção. No entanto, no presente trabalho, é possível observar que, assim como a significativa redução em F_v/F_m, também houve redução na altura de plantas, crescimento da parte aérea e das raízes. Possivelmente, estas reduções encontradas estejam relacionadas às características da cultivar utilizada (RB 966928), ou à mistura comercial sulfentrazone + diuron, que não foi utilizada pelos autores citados acima.

O sulfentrazone e o diuron são herbicidas seletivos, amplamente utilizados - isoladamente ou em mistura com outros herbicidas - no sistema de manejo de plantas daninhas mono e eudicotiledôneas em canaviais, em pós-

plantio ou pré-emergência inicial (FOLONI; PLESE; SILVA, 2011; SHANER, 2014). Para a mistura comercial de sulfentrazone + diuron, avaliada no presente estudo, as doses recomendadas para cana-de-açúcar oscilam de 700 a 875 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1400 a 1750 g i.a. ha⁻¹ de diuron, doses equivalentes a 4,0 a 5,0 L ha⁻¹ do produto comercial (BRASIL, 2020). No presente estudo, a menor dose utilizada (350 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 700 g i.a. ha⁻¹ de diuron, equivalente a 2,0 L ha⁻¹) e a dose mínima recomendada (700 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha⁻¹ de diuron, equivalente a 4,0 L ha⁻¹), aplicadas em pré-emergência e pós-emergência inicial, não causaram sintomas de fitotoxicidade nas plantas de cana-de-açúcar variedade RB 966928, permitindo melhor desenvolvimento inicial da cultura. Resultados semelhantes foram observados para a cultivar RB925345, em que as plantas apresentaram injúria de apenas 10% aos 60 DAA, com posterior recuperação (BUNHOLA; SEGATO, 2017). Contudo, é importante ressaltar que tanto o controle de plantas daninhas quanto a seletividade sobre a cultura dependem de características do solo, especialmente o conteúdo de matéria orgânica e de argila, além do pH (PASSOS et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2017).

Além disso, as cultivares de cana-de-açúcar também apresentam sensibilidade variável aos herbicidas. Para o herbicida sulfentrazone, a cultivar RB925345 apresentou-se altamente sensível à aplicação de 700 g i.a. ha⁻¹, com alto grau de injúria em comparação às cultivares RB867515, RB855146 e SP80-1816 (FERREIRA et al., 2012). No mesmo estudo, o herbicida diuron, embora em associação com hexazinona, apresentou-se altamente tóxico para o genótipo SP80-1816. Em contrapartida, em outro estudo, essa mistura apresentou-se seletiva para todos os genótipos

avaliados, sendo eles IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72454 e IAC86-2480 (SOUZA et al., 2009).

O crescimento radicular (massa seca e volume de raízes) de cana-de-açúcar também foi afetado nas maiores doses testadas (Figura 4). De forma semelhante, tanto o herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) quanto a mistura de diuron + hexazinona (1404 g i.a. ha⁻¹+ 396 g i.a. ha⁻¹) causaram redução no crescimento radicular, independentemente da cultivar avaliada, sendo que foram avaliadas as cultivares IAC 91-5155, IACSP 93-3046, IACSP 94-2094 (SOARES et al., 2011). O crescimento radicular é um importante parâmetro de crescimento da cana-de-açúcar, uma vez que indica a capacidade de absorção de água e nutrientes, que posteriormente serão convertidos em crescimento e desenvolvimento da cultura. Com isso, além da maior produtividade, as plantas apresentam maior competitividade com plantas daninhas.

Controle de plantas daninhas

Nas contagens realizadas aos 20 DAA e 40 DAA foi observado que não houve incidência de plantas daninhas nos tratamentos em que foi aplicado o produto comercial

composto por sulfentrazone + diuron, inclusive nas menores doses (D2 e D3), com eficiência de 100% de controle. Devido ao bom efeito residual gerado pelo herbicida, o controle de plantas daninhas foi eficiente até a última avaliação realizada. Resultados semelhantes foram encontrados em experimento realizado no campo, em que a mesma mistura comercial de sulfentrazone + diuron utilizada no presente estudo proporcionou controle satisfatório de *Ipomoea quamoclit*, *Merremia cissoides*, *Urochloa plantaginea* e *Digitaria horizontalis*, aplicado na dose de 875 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1750 g i.a. ha⁻¹ de diuron (BUNHOLA; SEGATO, 2017).

No tratamento testemunha infestada foram observadas plantas de capim-marmelada (*U. plantaginea*), capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*), apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), além de outras espécies em menor frequência. Na (Tabela 1) são apresentados os números de plantas daninhas por espécie e a massa seca total de plantas daninhas no tratamento testemunha infestada. É possível observar nas avaliações de crescimento da cultura (Figuras 2, 3 e 4) que as unidades experimentais com presença de plantas daninhas (testemunha infestada) apresentaram grandes reduções nesses componentes.

Tabela 1. Número de plantas daninhas por espécie (plantas vaso⁻¹) e a massa seca total de plantas daninhas (g vaso⁻¹) no tratamento testemunha infestada aos 20 e aos 40 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos.

Espécie	Nº de indivíduos	
	20 DAA	40 DAA
Capim-marmelada (<i>Urochloa plantaginea</i>)	45	20
Capim-camalote (<i>Rottboellia cochinchinensis</i>)	23	8
Apaga-fogo (<i>Alternanthera tenella</i>)	50	67
Outras	2	4
Massa seca total (g vaso ⁻¹)	258,8	

O capim-marmelada, apaga-fogo e o capim-camalote são importantes plantas daninhas nos canaviais (FERREIRA et al., 2010; OLIVEIRA; FREITAS, 2008; CONCENÇO et al., 2016). A ocorrência dessas espécies é variável de acordo com a cultivar de cana-de-açúcar cultivada (CONCENÇO et al., 2016) e da quantidade de palhada presente na superfície do solo (ARÉVALO, 1998). O capim-marmelada ocorre em áreas com até cinco toneladas de palhada ha⁻¹. Já o capim-camalote ocorre mesmo que em áreas com grande quantidade de palhada, entre cinco e 15 toneladas ha⁻¹ (ARÉVALO, 1998). Em contrapartida, Oliveira e Freitas (2008) demonstraram que a ocorrência dessa espécie foi consideravelmente reduzida com palhada a partir de 16 toneladas ha⁻¹. Além disso, o capim-camalote destaca-se pelo alto potencial competitivo, podendo reduzir a produtividade da cana-de-açúcar em até 80% (ARÉVALO; BERTONCINI, 1994), e por ser hospedeiro de mosaico (vírus do mosaico da cana-de-açúcar), assim como o capim-

marmelada (SANGUINO, 1982).

A ocorrência de algumas espécies, mesmo que em lavouras com grande quantidade de palhada, aumenta a problemática, uma vez que a dinâmica do herbicida e sua chegada até a solução do solo, para que a ação herbicida em pré-emergência seja possível, é dependente de vários fatores, incluindo a quantidade de palhada, herbicida, tipo de solo e volume de chuvas após a aplicação (MONQUERO et al., 2009; SILVA; MONQUERO, 2013; ARALDI et al., 2015). O presente trabalho foi realizado em solo descoberto, sem presença de palhada na superfície, simulando uma área recém-implantada, o que pode justificar o excelente controle das plantas daninhas por um longo período. No entanto, na presença de palhada, as respostas poderiam ser diferentes. Em condições de 10 toneladas de palhada ha⁻¹, o herbicida diuron necessita de precipitação pluviométrica de 23 mm para que 80% do herbicida aplicado seja removido da palhada e chegue até a superfície do solo (ARALDI et al.,

2015).

Portanto, os resultados do presente estudo somados à literatura demonstram a variabilidade da resposta de genótipos de cana-de-açúcar aos herbicidas utilizados nessa cultura, evidenciando a necessidade desses estudos com novos herbicidas e cultivares introduzidas no mercado, como os utilizados nesta pesquisa. De maneira geral, as plantas de cana-de-açúcar da variedade RB 966928 apresentaram maior sensibilidade, apenas quando expostas a doses elevadas (1050 g ha⁻¹ de sulfentrazone + 2100 g i.a. ha⁻¹ de diuron e 1400 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 2800 g i.a. ha⁻¹ de diuron) da mistura comercial sulfentrazone + diuron. Entretanto, em doses mais baixas (350 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 700 g i.a. ha⁻¹ de diuron e 700 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha⁻¹ de diuron), o herbicida além de apresentar amplo controle das plantas daninhas, não causou danos ao desenvolvimento inicial das plantas até os 70 DAA, tanto na aplicação em pré quanto em pós-emergência.

4. Conclusões

A aplicação em pós-emergência da mistura comercial sulfentrazone + diuron (Stone) afetou o aparelho fotossintético das plantas de cana-de-açúcar da variedade RB 966928 na fase inicial de desenvolvimento. Porém, as menores doses do herbicida não influenciaram negativamente os parâmetros de crescimento avaliados: altura, massa fresca e seca de parte aérea, massa seca e volume de raízes.

A aplicação de 350 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 700 g i.a. ha⁻¹ de diuron e 700 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone + 1400 g i.a. ha⁻¹ de diuron, equivalentes a 2,0 e 4,0 L ha⁻¹ do produto comercial, em pré e pós-emergência inicial, foi eficiente para o amplo controle de capim-marmelada (*U. plantaginea*), capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*) e apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), e não foi prejudicial ao desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar variedade RB 966928.

Referências

Araldi, R.; Velini, E. D.; Gomes, G. L. G. C.; Tropaldi, L.; Carbonari, C. A. Performance of herbicides in sugarcane straw. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2106-2112, 2015.

Araus, J. L.; Hogan, K. P. Leaf structure and patterns of photoinhibition in two neotropical palms in clearings and forest understory during the dry season. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 6, p. 726-738, 1994.

Arévalo, R. A. Manejo de plantas daninhas em áreas de colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 3., 1998, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: STAB, p. 26-28, 1998.

Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I. **Biologia e manejo de**

Rottboellia exaltata L. na cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp.): análise do problema. Piracicaba: Centro de Cana, 1994. 24 p.

Baker, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

Bunhola, T. M.; Segato, S. V. Avaliação preliminar de novo herbicida aplicado em pré-emergência em cana-planta. **Nucleus**, v. 14, n. 1, p. 247-266, 2017.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT. **Consulta de ingrediente ativo.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 31 mar. 2020.

Cobb, A. H.; Reade J. P. H. **Herbicides and Plant Physiology**, 3 ed. London: Wiley, 2010. 280 p.

Concenço, G.; Leme Filho, J. R. A.; Silva, C. J.; Marques, R. F.; Silva, L. B. X.; Correia, I. V. T. Weed occurrence in sugarcane as function of variety and ground straw management. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 219-228, 2016.

Corrêa, J. M.; Ferreira, E. A.; Pereira, G. A. M.; Piratoba, A. R. A.; Santos, J. B.; Oliveira, C. H.; Silva, C. T. Fluorescência de la clorofila *a* en plantas de piña sometidas a aplicación de herbicidas. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 1, p. 50-58, 2018.

Dias, J. L. C. S.; Silva Junior, A. C.; Queiroz, J. R. G.; Martins, D. Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, e0112015, 2017.

Ferreira, E. A.; Procópio, S. O.; Galon, L.; Franca, A. C.; Concenço, G.; Silva, A. A.; et al. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.

Ferreira, E. A.; Silva, A. F.; Silva, A. A.; Silva, D. V.; Galon, L. L.; França, A. C.; Santos, J. B. Toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 84-92, 2012.

Foloni, L. L.; Plese, L. P. M.; Silva, C. L. Avaliação de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre e sob a palha em cana crua e o destino ambiental. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 447-455, 2011.

Monquero, P. A.; Amaral, L. R.; Silva, A. C.; Binha, D. P.; Silva, P. V. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 367-372, 2009.

Oliveira, A. R.; Freitas, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-

açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.

Passos, A. B. R.; Freitas, M. A. M.; Torres, L. G.; Silva, A. A.; Queiroz, M. E. L.; Lima, C. F. Sorption and desorption of sulfentrazone in Brazilian soils. **Journal of Environmental and Science Health**, v. 48, n. 8, p. 646-650, 2013.

Procópio, S. O.; Silva, A. A.; Vargas, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: Vargas, L.; Roman, E.S (in memorian). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (in memorian) (org.). Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 477-531, 2008.

Ribeiro, R. V.; Santos, M. G. D.; Souza, G. M.; Machado, E. C.; Oliveira, R. F. D.; Angelocci, L.R.; Pimentel, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 615-623, 2004.

Riley, R. B., Bradley, K. W. Influence of application timing and glyphosate tank-mix combinations on the survival of glyphosate-resistant giant ragweed (*Ambrosia trifida*) in soybean. **Weed Technology**. v. 28, n. 1, p.1-9, 2014.

Sanguino, A. Espécies vegetais, possíveis hospedeiras de fitopatógenos da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 17, p. 6-8, 1982.

Shaner, D. L. **Herbicide Handbook**. 10. ed. Lawrence, US: Weed Science Society of America: Lawrence, 2014. 513 p.

Shimizu, M.; Ishida, A.; Tange, T.; Yagi, H. Leaf turnover and growth responses of shade-grown saplings of four Shorea rain forest species to a sudden increase in light. **Tree Physiology**, v. 26, n. 8, p. 449-457, 2006.

Silva, P. V.; Monquero, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013.

Soares, R. O.; Azania, C. A. M.; Lorenzato, C. M.; Schiavetto, A. R.; Zera, F. S.; Azania, A. A. P. M. Herbicidas de diferentes mecanismos de ação e a seletividade a cultivares de cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 8, n. 1, p. 337-350, 2011.

Souza, J. R.; Perecin, D.; Azania, C. A. M.; Schiavetto, A. R.; Pizzo, I. V.; Candido, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

Teixeira, M. F. F.; Andrade, L. C. L.; Biesdorf, E. M.; Biesdorf, E. M.; Souza, W. M.; Paixão, G. P.; Freitas, N. M. Lixiviação do sulfentrazone em solos do Norte de Minas Gerais cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 246-255, 2017.

Torres, L. G.; Ferreira, E. A.; Rocha, P. R. R.; Faria, A. T.; Gonçalves, V. A.; Silva, A. F.; Silva, A. A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.