Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas (MPB)

Ana Ligia Giraldeli

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Ana Ligia Giraldeli
Engenheira Agrônoma

Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas
(MPB)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO VICTORIA FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Giraldeli, Ana Ligia

Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas (MPB) / Ana Ligia Giraldeli - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

93 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Controle 2. Interferência 3. Herbicida 4. Mato-competição 5. *Saccharum* spp. 6. Seletividade 7. Tiririca I. Título

DEDICATÓRIA

A todos meus professores, que juntos comigo construíram a estrada do conhecimento, para que este momento pudesse estar acontecendo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meu caminho, estando sempre presente em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe Cleuci, meu pai José Antônio e meu irmão Lucas Henrique, por todo apoio, paciência e incentivo durante toda minha jornada acadêmica.

Ao Professor Dr. Ricardo Victoria Filho por todos os ensinamentos transmitidos durante o doutorado.

A todos os professores que contribuíram para minha formação profissional e que sempre me incentivaram nesse caminho, em especial às professoras Dras. Anastacia Fontanetti e Patrícia Andrea Monquero que sempre estiveram ao meu lado, compartilhando conhecimentos.

Ao Grupo Pro-Hort pela ajuda na condução dos experimentos e conhecimentos compartilhados.

Às amigas Bruna Bacco, Bruna Lopes, Jéssica, Juliana, Laís, Natália e Rosely por terem se tornado minha família em Piracicaba.

Aos amigos de pós-graduação Fabrícia, Felipe, Luísa, Guilherme, Gustavo, Giovani, Lucas, Maiara, Plácido, Rayssa; e graduação Ana Carolina, Beatriz, Diogo, Júlia, Leonardo, Lucca e Robson.

Às amigas do mestrado, Ana Carolina e Natália, que mesmo de longe me acompanharam nesses três anos.

À minha amiga Mariella que sempre torce pelo meu sucesso.

Ao meu namorado André Felipe pela paciência, dedicação, empenho e companheirismo em me auxiliar durante o doutorado e na vida.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal pelo apoio na instalação dos experimentos.

Ao Daniel Medeiros, a Basf e a Horticitrus pelo fornecimento das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

Ao Mario Antonio Marin e a Fertilizantes Heringer S.A. pelo fornecimento de adubo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pelas orientações, auxílios e conquistas.

À Universidade de São Paulo (USP/ESALQ) pela estrutura que auxiliou no desenvolvimento das pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

EPIGRAFE

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento”

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	13
Referências	14
2. PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR NO SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB)	17
RESUMO	17
ABSTRACT	17
2.1. Introdução	18
2.2. Material e métodos	19
2.3. Resultados	23
2.4. Discussão	27
2.5. Conclusão	31
Referências	31
3. MANEJO QUÍMICO DE <i>Cyperus rotundus</i> L. E OUTRAS PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR NO SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB)	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
3.1. Introdução	36
3.2. Material e métodos	37
3.3. Resultados	41
3.4. Discussão	46
3.5. Conclusões	52
Referências	52
4. CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS	57
RESUMO	57
ABSTRACT	57
4.1. Introdução	58
4.2. Material e métodos	60
4.3. Resultados	62
4.4. Discussão	72
4.5. Conclusões	75

Referências	75
5. VIABILIDADE DE TUBÉRCULOS DE TIRIRICA (<i>Cyperus rotundus</i> L.) APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA	79
RESUMO	79
ABSTRACT	79
5.1. Introdução	80
5.2. Material e métodos.....	81
5.3. Resultados.....	83
5.4. Discussão	87
5.5. Conclusões	90
Referências	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93

RESUMO

Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas (MPB)

A cultura da cana-de-açúcar passou por diversas alterações no cenário de manejo de plantas daninhas. Mais recentemente o sistema de plantio de cana-de-açúcar foi diversificado, podendo ser realizado com mudas pré-brotadas (MPB). O manejo de plantas daninhas está em constante mudança, devido à alteração da flora infestante, entretanto, a espécie *Cyperus rotundus* L. se destaca por aparecer em todos os momentos, devido a dificuldade de controle. Assim, objetivou-se com este estudo: A) Determinar o PAI (Período Anterior à Interferência), o PCPI (Período Crítico de Prevenção à Interferência) e o PTPI (Período Total de Prevenção à Interferência) em cana-de-açúcar plantada por meio de MPB; B) Avaliar o controle químico de plantas daninhas em MPB, com herbicidas utilizados para o manejo de *C. rotundus*; C) Avaliar o crescimento inicial de MPB após a aplicação de herbicidas utilizados para o manejo de *C. rotundus*; D) Avaliar o controle e a viabilidade de tubérculos de *C. rotundus* sob aplicação de herbicidas. Para todos os experimentos foi utilizada a cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000. Para a determinação dos períodos críticos foi conduzido experimento em campo, no delineamento em blocos ao acaso, com 14 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram compostos por sete períodos de convivência e por sete períodos de controle das plantas daninhas: 0 - 30, 0 - 60, 0 - 90, 0 - 120, 0 - 150, 0 - 210 e 0 - 240 dias após o plantio (DAP). Foram realizadas avaliações de altura, diâmetro, número de perfilhos, peso de dez colmos e produtividade. O experimento de controle foi realizado em campo, no delineamento em blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a aplicação de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (193,17 g i.a. ha⁻¹), imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g e.a. ha⁻¹) em pré-plantio (um dia antes do plantio) e, halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.975 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹) em pós-plantio (30 DAP), além de dois tratamentos controle (com e sem capina). Foram realizadas avaliações de altura, diâmetro, número de perfilhos, controle, sintomas de injúria e produtividade. O experimento de crescimento inicial de MPB foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam aos herbicidas aplicados em pré-plantio: sulfentrazone (200; 400; 800; 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (48,3; 96,6; 193,17; 386,34 e 772,68 g i.a. ha⁻¹), imazapic (33,25; 66,5; 133; 266 e 532 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (125; 250; 500; 1.000 e 2.000 g e.a. ha⁻¹) e, pós-plantio: ethoxysulfuron (33,75; 67,5; 135; 270 e 540 g i.a. ha⁻¹), halosulfuron (28,125; 56,25; 112,5; 225 e 450 g i.a. ha⁻¹), 2,4-D (335; 670; 1.340; 2.680 e 5.360 g e.a. ha⁻¹) e MSMA (493,75; 987,5; 1.975; 3.950 e 7.900 g i.a. ha⁻¹), mais um tratamento controle. Foram avaliados os sintomas de injúria, altura, diâmetro, número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes. O experimento de viabilidade de tubérculos foi realizado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelo herbicidas aplicados em pré-emergência:

sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (193,17 g i.a. ha⁻¹), imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g e.a. ha⁻¹) e em pós-emergência: halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.975 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹), mais um tratamento controle. Foram avaliados controle e viabilidade de tubérculos. O PAI, PCPI e PTPI foram de 26, 26 - 68 e 68 dias, respectivamente. Os herbicidas em pré-plantio proporcionaram os melhores controles até 60 DAP. Entretanto, o diclosulam, imazapic e imazapyr provocaram sintomas de injúria graves reduzindo a produtividade. Os herbicidas de pós-plantio propiciaram sintomas de injúria leves, entretanto no experimento de campo os tratamentos resultaram em queda de produtividade devido ao baixo controle das plantas daninhas. A maior redução na viabilidade de tubérculos foi observada para sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA. Os herbicidas isolados não foram eficazes para garantir o controle das plantas daninhas até 68 DAP. O correto posicionamento dos herbicidas é necessário para evitar danos severos à cultura.

Palavras-chave: Controle; Interferência; Herbicida; Mato-competição; *Saccharum* spp.; Seletividade; Tiririca

ABSTRACT

Management of *Cyperus rotundus* L. in pre-sprouted seedlings (PSS) of sugarcane system

The sugarcane crop underwent several changes in the weed management scenario. Recently the sugarcane planting system was diversified, being able to be realized with pre-sprouted seedlings (PSS) of sugarcane. Weed management is constantly changing, due to the change in weed flora; however, *Cyperus rotundus* L. stands out because it appears at all times, due to the difficulty of control. The aim of this study was determine: A) the PPI (Period Prior to Interference), CPIP (Critical Period of Interference Prevention) and TPIP (Total Period of Interference Prevention) in sugarcane in the PSS system; B) Evaluate the chemical control of weeds in PSS with herbicides used for the management of *C. rotundus*; C) To evaluate the initial growth of PSS of sugarcane after the application of herbicides used for the management of *C. rotundus*; D) Evaluate the control and viability of *C. rotundus* tubers under herbicide treatment. For all experiments the sugarcane cultivars used was IACSP95-5000. To determine the critical periods, a field experiment was carried out in a randomized block design with fourteen treatments and three replications. The treatments were composed of seven coexistence periods and seven weed control periods: 0 - 30, 0 - 60, 0 - 90, 0 - 120, 0 - 150, 0 - 210 and 0 - 240 days after planting (DAP). Were evaluated height, diameter, number of tillers, weight of ten stalks and yield. Control experiment was carried out in the field too, in a randomized block design, with ten treatments and four replications. The treatments application corresponding to the herbicides sulfentrazone (800 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (193.17 g a.i. ha⁻¹), imazapic (133 g a.i. ha⁻¹) e imazapyr (500 g a.e. ha⁻¹) in pre-planting (um dia antes do plantio) and, halosulfuron (112.5 g a.i. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g a.i. ha⁻¹), MSMA (1,975 g a.i. ha⁻¹) and 2,4-D (1,340 g a.e. ha⁻¹) in post-planting (30 DAP), and two control treatments (with and without weeding). In the control experiment were evaluated height, diameter, number of tillers, control, symptoms of injury and yield. The experiment of initial growth of PSS was performed in greenhouse, in a completely randomized design, with nine treatments and four replications. The treatments corresponded to the herbicides applied in pre-planting: sulfentrazone (200; 400; 800; 1,600 and 3,200 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (48.3; 96.6; 193.17; 386.34 and 772.68 g a.i. ha⁻¹), imazapic (33.25; 66.5; 133; 266 and 532 g a.i. ha⁻¹) and imazapyr (125; 250; 500; 1,000 and 2,000 g a.e. ha⁻¹) and post-planting: ethoxysulfuron (33.75; 67.5; 135; 270 and 540 g a.i. ha⁻¹), halosulfuron (28.125; 56.25; 112.5; 225 and 450 g a.i. ha⁻¹), 2,4-D (335; 670; 1,340; 2,680 and 5,360 g a.e. ha⁻¹) e MSMA (493.75; 987.5; 1,975; 3,950 and 7,900 g a.i. ha⁻¹), plus one control treatment. Were evaluated symptoms of injury, height, diameter, number of tillers, chlorophyll A, B and total, leaf area, shoots and roots dry mass. The *C. rotundus* tubers viability experiment was carried out in a greenhouse in a completely randomized design, with nine treatments and four replications. The treatments were composed by herbicides applied in pre-emergence: sulfentrazone (800 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (193.17 g a.i. ha⁻¹), imazapic (133 g a.i. ha⁻¹) and imazapyr (500 g a.e. ha⁻¹), and post-emergence: halosulfuron (112.5 g a.i. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g a.i. ha⁻¹), MSMA (1,975 g a.i. ha⁻¹) e 2,4-

D (1,340 g a.e. ha⁻¹), plus one control treatment. Were evaluated control and viability of tubers. The results showing that PPI, CPIP and TPIP were 26, 26 - 68 and 68 days, respectively. Pre-planting herbicides provided better controls up to 60 DAP, however, diclosulam, imazapic and imazapyr caused severe injury symptoms reducing yield. Post-planting herbicides were considered selective, however in the field experiment the treatments resulted in a decrease of yield due to low weed control. The lowest viability of tubers was caused by sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron and MSMA. The isolated herbicides were not effective to ensure control of weeds up to 68 DAP. The correct herbicides setting is necessary to avoid damage to the crop.

Keywords: Control; Interference; Herbicide; Weed competition; *Saccharum* spp.; Selectivity; Purple nutsedge

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, produzindo açúcar, etanol e energia elétrica. Apresenta condições favoráveis para o cultivo, como grandes áreas e condições edafoclimáticas adequadas. A área total com cana-de-açúcar na safra 2017/18 chegou a 8.729,5 mil ha, com produtividade de 72.543 kg ha⁻¹, e produção de 633.261 mil toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2018).

O gasto com mudas no sistema de plantio manual fica em torno de 8 a 12 t ha⁻¹, chega-se a utilizar de 11 a 14 t ha⁻¹, para se evitar falhas no plantio (15 a 21 gemas m⁻¹). Com o sistema de plantio mecanizado, este número aumentou, com valores superiores até 20 t ha⁻¹ (24 a 60 gemas m⁻¹). Isso leva a uma redução de colmos que vão para a indústria e uma maior difusão de doenças e pragas na cultura. O sistema de mudas pré-brotadas (MPB) visa reduzir o número de mudas, aumentar o vigor e a homogeneidade dos canaviais, o que auxilia na distribuição mais uniforme das mudas, além de gerar um melhor aproveitamento dos recursos do meio, como água e nutrientes, reduzindo a competição intraespecífica da cultura de cana-de-açúcar (Landell et al., 2012).

O plantio da cana-de-açúcar é uma das etapas primordiais e com maior custo na cultura. O uso do sistema MPB vem de encontro a um plantio economicamente viável, uma vez que esse sistema possui uma alta taxa de multiplicação nos viveiros. Além de áreas de viveiros primários e secundários, esta tecnologia vem sendo utilizada para o replantio de falhas de talhões plantados pelo método convencional e para replantio de áreas com cana-soca (Xavier et al., 2014).

O sistema de plantio com MPB também é utilizado no sistema MEIOSI (Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente), no qual duas linhas de cana-de-açúcar com MPB são plantadas em espaçamento de 1,5 m entre elas, deixando-se um espaço de 15 m, no qual se planta outras duas linhas da cultura. Neste espaço maior se utiliza soja, amendoim ou girassol, e na colheita destas, as linhas duplas de cana são usadas para o plantio da área desocupada (Azania et al., 2014).

Nesse novo contexto, surgem dúvidas quanto ao manejo de plantas daninhas em MPB, já que agora as mudas chegam ao campo com a parte aérea formada, com mais vigor e com sistema radicular desenvolvido e próximo a superfície do solo, o que pode gerar problemas relacionados a seletividade de herbicidas. Segundo Dias et al. (2017), a localização espacial do herbicida em relação a planta é responsável pela seletividade à cultura, conhecida por seletividade de posicionamento.

Por ser um sistema de plantio proposto a pouco tempo, os estudos ainda são escassos (Gírio et al., 2015). Deste modo, mais pesquisas são necessárias para a compreensão de como as plantas daninhas podem ser prejudiciais nesse novo sistema de plantio, além de pesquisas envolvendo a seletividade de herbicidas (Silva et al., 2018) e manejo específico de algumas espécies de difícil controle.

Dentre as espécies de difícil controle está a tiririca (*Cyperus rotundus* L.), isso porque sua reprodução ocorre quase que exclusivamente via tubérculos (Lorenzi, 2014). Para cana-de-açúcar alguns herbicidas são recomendados para controle desta espécie como sulfentrazone, diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA, 2,4-D e glyphosate, em pré ou pós-emergência das plantas daninhas e/ou cultura, ou ainda jato dirigido, de acordo com a modalidade de uso (Rodrigues; Almeida, 2011; Rodrigues; Almeida, 2018).

Assim, partindo da hipótese de que neste sistema de plantio poderá haver mudanças no manejo de plantas daninhas, já que as plantas vão para o campo com raiz e parte aérea desenvolvidas, o que pode alterar a absorção e translocação dos herbicidas, objetivou-se com este estudo: A) estabelecer o PAI (Período Anterior à Interferência), PCPI (Período Crítico de Prevenção à Interferência) e o PTPI (Período Total de Prevenção à Interferência) em cana-de-açúcar plantada com MPB; B) avaliar o controle químico de plantas daninhas em MPB, com herbicidas utilizados para o manejo de *C. rotundus*; C) avaliar o crescimento inicial de MPB, após a aplicação de herbicidas utilizados no manejo de *C. rotundus*, em MPB; e D) avaliar o controle e a viabilidade de tubérculos de *C. rotundus* após a aplicação de herbicidas.

Referências

- Azania, C.A.M.; Azania, A.A.P.M.; Vitorino, R.; Borges, I.S.; Silva, T.P. MPB no canavial. **Revista Cultivar**, n.185, p.40-41, 2014.
- Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. **Acompanhamento da safra brasileira:** cana-de-açúcar: safra 2018/19, segundo levantamento, agosto de 2018. Brasília: CONAB, 2018. 76p.
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000112015>.
- Gírio, L.A.S.; Ferreira Dias, F.L.; Reis, V.M.; Urquiaga, S.; Schultz, N.; Bolonhezi, D.; Mutton, M.A. Plant growth-promoting bacteria and nitrogen fertilization effect on the initial growth

- of sugarcane from pre-sprouted seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p.33-43, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100004>.
- Landell, M.D.A.; Campana, M.P.; Figueiredo, P.; Xavier, M.A.; Anjos, I.D.; Dinardo-Miranda, L.L.; Scarpari, M.S.; Garcia, J.C.; Bidóia, M.A.P.; Silva, D.N.; Mendonça, J.D.; Kanthack, R.A.D.; Campos, M.F.; Brancalhão, S.R.; Petri, R.H.; Miguel, P.E.M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico de Campinas, 2012.
- Lorenzi, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p. 7ed. 2014.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 697p. 6ed. 2011.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 764p. 7ed. 2018.
- Silva, G.S.; Silva, A.F.M.; Giraldele, A.L.; Ghirardello, G.A.; Victoria Filho, R.; Toledo, R.E.B. Weed management in pre-sprouted seedlings system of sugarcane. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.1, p.86-94, 2018. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.526>.
- Xavier, M.A.; Landell, M.G.A.; Teixeira, L.G., Rodrigues, P.A.; Nassif, G.L.; Mine, K. Sistema de multiplicação MPB e integração com o setor sucroenergético. **O Agrônomo**, v.64-66, p.32-41, 2014.

2. PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR NO SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB)

RESUMO

As plantas daninhas competem com as plantas cultivadas por água, luz e nutrientes. Dependendo da espécie essa interferência pode ser maior ou menor. Em cana-de-açúcar, o plantio com mudas pré-brotadas (MPB) pode significar uma alteração nos períodos de interferência. Assim, objetivou-se com este estudo determinar o Período Anterior à Interferência (PAI), o Período Crítico de Prevenção à Interferência (PCPI) e o Período Total de Prevenção à Interferência (PTPI), em cana-de-açúcar no sistema de plantio com MPB. O trabalho foi realizado em campo, em delineamento de blocos ao acaso, com 14 tratamentos e três repetições. Os tratamentos corresponderam a sete períodos de convivência e sete períodos de controle das plantas daninhas: 0 - 30, 0 - 60, 0 - 90, 0 - 120, 0 - 150, 0 - 180 e 0 - 240 dias após o plantio (DAP). A cultivar utilizada foi a IACSP95-5000. As principais plantas daninhas presentes na área foram: *Cyperus rotundus* L., *Alternanthera tenella* Colla., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler e *Portulaca oleraceae* L. O controle das plantas daninhas foi realizado mediante capina manual. Aos 240 DAP foram avaliadas a altura, diâmetro e número de perfilhos de cinco plantas ao acaso, além de peso de dez colmos e produtividade. Os resultados evidenciaram um PAI de 26 dias, PCPI de 26 - 68 dias e PTPI de 68 dias. Houve redução de 8,22% na produtividade da cana-de-açúcar por dia de convivência e um incremento de 11,37% por dia de controle das plantas daninhas, adotando-se uma perda de 5% na produtividade.

Palavras-chave: Competição; *Cyperus rotundus*; Período anterior à interferência; Período crítico de prevenção à interferência; Período total de prevenção à interferência; *Saccharum* spp.

ABSTRACT

Weeds compete with crop plants for water, light and nutrients. Depending on the species, the interference may be higher or lower. In sugarcane, the planting with pre-sprouted seedlings (PSS) can modify the interference periods. The aim of this study was determine the Period Prior to Interference (PPI), Critical Period of Interference Prevention (CPIP) and Total Period of Interference Prevention (TPIP) in sugarcane in the PSS. The work was carried out in the field, in a randomized block design, with fourteen treatments and three replications. The treatments corresponded to seven coexistence periods and seven weed control periods: 0 - 30, 0 - 60, 0 - 90, 0 - 120, 0 - 150, 0 - 180 and 0 - 240 days after planting (DAP). Sugarcane cultivar used was IACSP95-5000. The main weeds present in the area were: *Cyperus rotundus* L., *Alternanthera tenella* Colla., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler and *Portulaca oleraceae* L. Weed control was performed by weeding. At 240 DAP were evaluated the height, diameter and number of tillers of five plants randomly, as well as ten stems weight and yield. The results showed a PPI of 26

day, CPIP of 26 - 68 days and TPIP of 68 days. There was a reduction of 8.22% in sugarcane yield per day of coexistence and an increase of 11.37% per day of weed control, adopting a loss of 5% in yield.

Keywords: Competition; *Cyperus rotundus*; Period prior to interference; Critical period of interference prevention; Total period of interference prevention; *Saccharum* spp.

2.1. Introdução

Planta daninha é qualquer vegetal que cresce onde não é desejado, interferindo sobre as plantas cultivadas, podendo ocasionar perdas na produção (Lorenzi, 2014). As plantas daninhas interferem diretamente nas plantas cultivadas por meio da competição por água, luz, nutrientes e espaço, além de compostos alelopáticos capazes de prejudicar o desenvolvimento da cultura ou ainda reduzindo a qualidade do produto. Podem interferir indiretamente, pois são hospedeiras de pragas, doenças e nematoides, além de prejudicarem às práticas culturais e a colheita (Pitelli, 1987).

Em cana-de-açúcar, segundo Toledo et al. (2017), as principais plantas daninhas monocotiledôneas que podem ser encontradas são: *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster, *U. decumbens* (Stapf) R.D. Webster, *U. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster, *Cenchrus echinatus* L., *Chloris* sp., *Digitaria* sp., *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Echinochloa* sp., *Panicum maximum* Jacq., *Rottboelia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Sorghum halepense* (L.) Pers., e *Cyperus rotundus* L. Já entre as eudicotiledôneas estão presentes os gêneros e as espécies: *Ipomoea* sp., *Amaranthus* sp., *Portulaca oleraceae* L., *Euphorbia heterophylla* L., *Luffa aegyptiaca* Mill., *Macroptilium atropurpureum* (DC) Urban, *Merremia* sp., *Momordica charantia* L., *Ricinus communis* L., *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby, *Sida* sp., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Bidens* sp., *Conyza* sp., *Senna* sp. e *Alternanthera tenella* Colla.

A espécie *C. rotundus* foi encontrada em 20 áreas, sendo que em 13 delas foi considerada a mais importante, pois apresentou Importância Relativa (IR%) superior a 90%, aos 120 dias após o corte (DAC) da cana-de-açúcar (Kuva et al., 2007). Em outro estudo, Kuva et al. (2008) observaram a presença de *Cyperus* sp. em 11 dos 29 talhões estudados quanto a composição do banco de propágulos, variando de 9,09% a 80% em relação à IR%.

As plantas de *C. rotundus* possuem reprodução principalmente por meio de rizomas, tubérculos e bulbos basais (Rahnavard et al., 2010). Os tubérculos podem ter diferentes níveis

de dormência (Baloch et al., 2015), com sua formação iniciando-se de quatro a seis semanas após a emergência das plântulas, formando-se geralmente nos primeiros 45 cm de solo, com mais de 80% ocorrendo nos primeiros 15 cm, característica esta que depende também da textura do solo em que se encontram, pois os rizomas penetram menos em solos pesados (Stoller; Sweet, 1987).

Os períodos de convivência entre plantas daninhas e as culturas foram definidos por Pitelli e Durigan (1984), que sugeriram terminologias para os períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. Estes foram classificados em PAI (Período Anterior à Interferência), PCPI (Período Crítico de Prevenção à Interferência) e PTPI (Período Total de Prevenção à Interferência). O PAI corresponde ao período no qual a cultura pode permanecer na presença das plantas daninhas, sem que haja redução na produtividade. O PCPI é o período compreendido entre o PAI e o PTPI, no qual a ausência de controle das plantas daninhas afetará a produtividade. Já o PTPI, refere-se ao período em que a cultura deve ser mantida livre da interferência das plantas daninhas.

Os períodos de convivência entre a cana-de-açúcar (plantio convencional em abril) e *C. rotundus* foram estudados por Kuva et al. (2000), no qual a tiririca representava mais de 50% das espécies presentes na área. O PAI foi de 41 dias, quando se adotou uma redução de 5% na produtividade. Além disso, a produção quando a cultura cresceu livre da interferência foi de 159 t ha⁻¹, reduzindo para 128 t ha⁻¹ quando as plantas daninhas estiveram presentes durante todo o ciclo (redução de 20%). Já, quando o plantio foi realizado por meio de mudas pré-brotadas (MPB), com 87,5% do banco de sementes composto por *R. cochinchinensis*, o PAI, PCPI e PTPI encontrados, quando se adotou uma redução de produtividade 5%, foram de 54, 54 - 130 e 130 dias, respectivamente (Hijano, 2016).

Assim, partindo da hipótese de que, pode haver alteração nos períodos de interferência das plantas daninhas nas áreas em que o plantio é realizado com MPB, o objetivo deste trabalho foi estabelecer o PAI, PCPI e PTPI neste sistema de plantio.

2.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em área experimental pertencente ao Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba – SP (22°42'47,8" S, 47°37'14,6" W, altitude de 547 m). O clima da região, segundo classificação Köppen é do tipo Cwa, relativamente seco no inverno, com chuvas no verão. A Figura 1 representa os dados de precipitação e temperatura

durante os meses de condução do experimento. Os resultados da análise química e física do solo estão apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como de Textura Média.

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura máxima e mínima média (°C) durante a condução do experimento. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

P (Resina) mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	m
11	17	5,5	4,6	26	9	< 2	12	36,1	48,1	75	3
Areia				Silte				Argila			
76,3%				6,2%				17,5%			

Antes da instalação do experimento foi realizado o levantamento fitossociológico da área (novembro de 2017) por meio de amostragens utilizando quadrados vazados de ferro com 0,5 m de lado e área interna de 0,25 m², que foram lançados 15 vezes ao acaso na área experimental. As plantas amostradas foram contadas, identificadas e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C por 48 h, para determinação da massa seca.

Com os dados amostrados foi realizada a análise descritiva das plantas daninhas, por meio de parâmetros fitossociológicos representados pela Importância Relativa (IR%) e Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies presentes na área experimental (Mueller-Dombois; Ellenberg, 1974).

O experimento foi instalado em área cultivada anteriormente com soja, tendo-se realizado o cultivo mecânico, adubação com 320 kg ha⁻¹ da fórmula 08-24-20 no sulco de plantio (50 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de KCl) e aplicação de 400 g i.a. ha⁻¹

¹ de fipronil (Regent® 800 WG, 500 g p.c. ha⁻¹, WG, Basf); três semanas após o plantio foi feita aplicação de 10,5 g i.a. ha⁻¹ de clorantnilprole (Altacor®, 30 g p.c. ha⁻¹, WG, DuPont).

As mudas de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, foram plantadas em 12 de dezembro de 2017, com linhas de plantio espaçadas de 1,50 metros e 0,65 metros entre mudas na linha de plantio. A parcela experimental foi composta por cinco linhas de seis metros de comprimento (36 m²), totalizando 45 plantas por parcela (nove plantas por linha). Para as avaliações foi considerada a área útil das parcelas, que corresponde as três linhas centrais, excluindo um metro no início e ao final da parcela. Após o plantio, a área foi irrigada com uma lâmina de água de aproximadamente 20 mm.

A cultivar IACSP95-5000 (SP84-2066 x SP80-185) possui porte ereto, ótima performance no plantio em colheita mecanizada, alto teor de sacarose, ótima brotação de soqueira sob palha, bom perfilhamento e fechamento de entrelinhas, indicada para ambientes médios - favoráveis (A1 - C2), adaptada praticamente a todas as regiões de cultivo da região Centro-Sul do Brasil, possibilidades de colheita de junho a outubro, não apresentando tombamento e florescimento e ainda apresentando resistência às principais doenças (Instituto Agrônomo de Campinas [IAC], 2018).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 14 tratamentos e três repetições, de acordo com o proposto por Amaral e Azania (2017), que correspondem a sete períodos crescentes de controle das plantas daninhas ou de sete períodos de convivência. Os tratamentos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Períodos de controle (DAP)	Períodos de convivência (DAP)
1	0 - 30	-
2	0 - 60	-
3	0 - 90	-
4	0 - 120	-
5	0 - 150	-
6	0 - 180	-
7	0 - 240 (colheita)	-
8	-	0 - 30
9	-	0 - 60
10	-	0 - 90
11	-	0 - 120
12	-	0 - 150
13	-	0 - 180
14	-	0 - 240 (colheita)

DAP: dias após o plantio da cana-de-açúcar.

Nos tratamentos correspondentes à convivência inicial entre as MPB e comunidade infestante (tratamentos 8 a 14), a massa seca de plantas daninhas foi realizada ao final de cada

período de convivência. Enquanto que, a amostragem de plantas daninhas nos tratamentos com períodos crescentes de controle (tratamentos 1 a 7) foi realizada antecedendo o processo de colheita da cana-de-açúcar (240 DAP).

Nestas amostragens foram utilizados quadrados vazados de ferro com 0,5 m de lado e área interna de 0,25 m², que foram lançados ao acaso duas vezes na área útil das parcelas. As plantas amostradas foram cortadas rente ao solo, armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C por 48 h, para determinação da massa seca. A remoção das plantas daninhas ao final de cada período de convivência inicial, assim como nos períodos crescentes de controle, foi realizada com frequentes operações de capina manual.

As avaliações de altura, diâmetro e número de perfilhos foram realizadas aos 240 DAP. Para isso, cinco plantas por parcela foram medidas quanto as variáveis: altura da planta do solo até a última folha expandida, com régua milimetrada de madeira e resultados expressos em centímetros; diâmetro do colmo a cinco centímetros de altura em relação ao solo, com paquímetro digital e resultados expressos em milímetros.

A estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para cada tratamento foi realizada aos 240 DAP. Foram contados o número de colmos em seis metros, além da pesagem de dez colmos de cada parcela, que foram cortados rentes ao solo, limpos e pesados em balança para obtenção da massa. Os dados obtidos foram extrapolados para toneladas de cana-de-açúcar por hectare, adotando-se como produtividade máxima o tratamento em que as plantas daninhas foram controladas durante todo o período de condução do experimento.

Os dados obtidos de altura, diâmetro e número de perfilhos em seis metros, foram submetidos a análise de variância e teste F ($p < 0,05$), e quando significativos, as médias foram comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002).

Os limites dos períodos de interferência foram determinados tolerando-se perdas máximas de produção de 2, 5 e 10% em relação àquela obtida nas parcelas mantidas na ausência de plantas daninhas durante todo o ciclo (Kuva et al., 2000).

Com os dados de produtividade da cana-de-açúcar foram feitas as análises de regressão pelo modelo sigmoidal de Boltzmann (Kuva et al., 2000), pelo programa sigmaplot, a equação está representada a seguir:

$$Y = \frac{(A_1 - A_2)}{1 + e^{(X - X_0) / dx}} + A_2$$

Onde: Y é a produção estimada em colmos de cana-de-açúcar, em t ha⁻¹;

A₁ = produção máxima obtida nas plantas mantidas capinadas durante todo o ciclo;

A₂ = produção mínima obtida nas plantas em convivência com as plantas daninhas durante todo o ciclo;

X₀ = limite superior do período de convivência, que corresponde ao valor intermediário entre a produção máxima e mínima;

dx = parâmetro que indica a velocidade de perda/ganho de produção em função do tempo de convivência ou de controle.

2.3. Resultados

O levantamento fitossociológico da área demonstrou a presença de 12 espécies de plantas daninhas, pertencentes a seis famílias. Destas, 58,33% são monocotiledôneas e 41,66% eudicotiledôneas. As plantas com as maiores IR% foram: *C. rotundus* (32,35%), *A. tenella* (22,51%), *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler (15,56%) e *P. oleraceae* (7,45%). Os IVI e IR% estão representados na Figura 2. A massa seca das plantas daninhas ao final dos períodos de convivência e anterior à colheita da cana-de-açúcar para os tratamentos com períodos crescentes de controle, estão representadas na Figura 3.

As plantas daninhas com ocorrência na área e suas respectivas famílias foram: Amaranthaceae: *Amaranthus viridis* L., *A. tenella*; Asteraceae: *Bidens subalternans* DC., *Emilia fosbergii* Nicolson.; Commelinaceae: *Commelina benghalensis* L.; Cyperaceae: *C. rotundus*; Poaceae: *C. echinatus* L., *D. ciliaris*, *E. indica*, *P. maximum*, *U. plantaginea*; Portulacaceae: *P. oleraceae*.

As condições climáticas (baixa precipitação e temperatura) e o sombreamento das entrelinhas pela cana-de-açúcar, inibiram a emergência das plantas daninhas ao longo dos períodos crescentes de controle. Para os períodos de convivência, a massa seca das plantas daninhas foi crescente de acordo com o aumento dos períodos, resultado da maior incidência de luz nas entrelinhas da cultura.

Figura 2. Importância Relativa (IR%) e Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies de plantas daninhas presentes na área experimental. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Figura 3. Massa seca das plantas daninhas (g) ao final dos períodos de convivência e anterior à colheita da cana-de-açúcar, para os tratamentos com períodos crescentes de controle.

A análise de variância foi significativa para as variáveis altura, diâmetro e número de perfilhos. Em comparação com o tratamento sete, no qual a cultura se desenvolveu livre da presença de plantas daninhas durante todo o período experimental, verifica-se que a convivência com as infestantes durante os primeiros 60, 90 e 120 DAP reduziu a altura da cana-de-açúcar. Entretanto, não foi observado menor altura da cultura quando esta conviveu com as plantas daninhas durante 150, 180 e 240 DAP (Figura 4).

Figura 4. Altura, diâmetro e número de perfílios em seis metros, cultivar IACSP95-5000, de acordo com os períodos de convivência e controle de plantas daninhas, aos 240 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18. Tratamentos para os períodos de controle: 1 (0-30), 2 (0-60), 3 (0-90), 4 (0-120), 5 (0-150), 6 (0-180) e 7 (0-240). Tratamentos para os períodos de convivência: 8 (0-30), 9 (0-60), 10 (0-90), 11 (0-120), 12 (0-150), 13 (0-180) e 14 (0-240). *Médias seguidas por letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Períodos de controle e de convivência em dias após o plantio (DAP) das MPB de cana-de-açúcar.

Para a variável diâmetro do colmo foram verificados menores valores quando as MPB conviveram durante 120 DAP com as plantas daninhas. A presença das infestantes até 90 DAP não foi suficiente para reduzir o diâmetro do colmo. Entretanto, quando analisado o número de perfilhos em seis metros, observa-se redução dessa variável quando a cultura permaneceu livre das plantas daninhas durante 30 dias, mostrando que apenas 30 dias de controle não foram suficientes para que as MPB fechassem as entrelinhas. A presença das infestantes, também afetou significativamente o número de perfilhos em seis metros nos tratamentos em que o controle foi realizado apenas após os 60 DAP (Figura 4).

Admitindo-se 5% de perda de produtividade da cana-de-açúcar, os dados evidenciaram um PAI de 26 dias, PCPI de 42 dias (26 - 68 DAP) e PTPI de 68 dias (Figura 5). Assim, considera-se que aos 68 DAP das MPB, o controle de plantas daninhas deixa de afetar a produtividade da cultura ser necessário, pois os ganhos na produtividade não são mais expressivos em função do aumento dos períodos de controle. Entretanto, ressalta-se que para algumas espécies de plantas daninhas a interferência pode ocorrer na colheita e na qualidade do produto. Neste caso, as plantas devem ser controladas, mesmo que o PCPI já tenha finalizado.

Figura 5. Produtividade ($t\ ha^{-1}$) de MPB (cultivar IACSP95-5000) de cana-de-açúcar em função dos períodos de controle e convivência com as plantas daninhas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Com base na equação demonstrada na Tabela 3 para o PTPI, é possível inferir que a perda de produção em função da interferência imposta pelas plantas daninhas foi de 93,9% (77,58 t ha⁻¹), com a maior taxa de ganho na produtividade da cana-de-açúcar aos 45 dias, o que representa um incremento de 11,37% por dia de controle.

Pela Figura 4 pode-se observar que a partir dos 26 DAP as plantas daninhas passam a interferir nas MPB, com perdas de produtividade irreversíveis. A perda de produtividade estimada de acordo com a equação (Tabela 3) foi de 93,5% (72,65 t ha⁻¹), com a maior taxa de redução aos 49 dias, o que representou uma perda de 8,22% por dia de convivência com as plantas daninhas. A Tabela 4 mostra o PAI, PCPI e o PTPI quando foram consideradas perdas de produtividade de 2, 5 e 10%.

Tabela 3. Parâmetros da equação sigmoidal de Boltzman obtidos com a análise dos dados de produtividade de cana-de-açúcar. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Períodos	A1	A2	X0	dx	R ²
Convivência	77,6597	5,0092	49,6535	- 8,2222	0,99
Controle	82,6249	5,0399	45,2073	11,3783	0,98

$$Y = A2 + [(A1 - A2) / (1 + e^{(X - X0)/dx})]$$

Y: produção estimada em colmos de cana-de-açúcar, em t ha⁻¹; A1: produção máxima obtida nas plantas mantidas capinadas durante todo o ciclo; A2: produção mínima obtida nas plantas em convivência com as plantas daninhas durante todo o ciclo; X0: limite superior do período de convivência, que corresponde ao valor intermediário entre a produção máxima e mínima; dx: parâmetro que indica a velocidade de perda/ganho de produção em função do tempo de convivência ou de controle.

Tabela 4. Variação do Período Anterior à Interferência (PAI) e do Período Total de Prevenção à Interferência (PTPI) em função das porcentagens de redução de produtividade toleradas. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

PAI			PTPI		
2%	5%	10%	2%	5%	10%
0 - 19	0 - 26	0 - 32	0 - 72	0 - 68	0 - 64

2.4. Discussão

Em área de cana-crua nos sistemas de manejo convencional, mínimo e plantio direto, com ou sem o cultivo anterior de amendoim, a principal planta daninha encontrada foi *C. rotundus*, aos 180 dias após a colheita da cana (Soares et al., 2016). No presente estudo a espécie *C. rotundus* foi a mais representativa, principalmente nas fases iniciais de estabelecimento da cana-de-açúcar, quando a cultura ainda não havia fechado as entrelinhas. Kuva et al. (2000) verificaram que, aparentemente, a presença da tiririca depende das condições ambientais e do desenvolvimento da cultura.

O grau de interferência das plantas daninhas nas plantas cultivadas depende de fatores relacionados a comunidade infestante (composição, densidade e distribuição), à cultura (espécie, cultivar, espaçamento e densidade), da época e duração do período de convivência

com as plantas daninhas e do ambiente (solo, clima e manejo) (Pitelli, 1985; Pitelli, 2014). Neste estudo, a espécie com maior dominância no início do estabelecimento das MPB foi *C. rotundus*, época com maior índice pluviométrico e intensa presença de luz nas entrelinhas da cultura, o que garantiu seu pleno desenvolvimento.

A espécie *C. rotundus* está distribuída em 52 culturas, em mais de 90 países tropicais e subtropicais, com limitação apenas em regiões de baixas temperaturas e umidade; está listada entre as principais espécies que causam prejuízos no arroz, milho, cana-de-açúcar e algodão (Bendixen; Nandihalli, 1987). É uma planta ereta, perene, rizomatosa e tuberosa (Lorenzi, 2014), sensível ao sombreamento (Magalhães, 1967; Nemoto, 1995) e baixas temperaturas (Kuva et al., 2000). Assim, a interferência inicial na cultura, quando essa ainda não fechou as entrelinhas, pode ser a mais prejudicial e competitiva, pois a incidência de luz sobre o solo e as elevadas temperaturas, garantem seu estabelecimento.

O PAI em cana-planta (cultivar RB806043) em plantio convencional, quando submetida a competição com *C. rotundus* (mais de 50% das espécies presentes na área), foi de 41 e 64 dias quando se adotou perdas de 5 e 10%, respectivamente; com redução de 20% na produtividade, passando de 159 para 128 t ha⁻¹, quando a cultura conviveu com as plantas daninhas durante todo o período experimental (Kuva et al., 2000). No presente trabalho, o PAI foi de 26 (5%) e 32 (10%) dias. O menor PAI da MPB em relação ao plantio convencional pode estar relacionado às diferenças entre cultivares e à época de plantio. Neste estudo o plantio ocorreu em dezembro, época em que as condições ambientais são mais favoráveis à germinação e emergência das plantas daninhas, o que provavelmente contribuiu para a redução do PAI.

De acordo com Silva et al. (2018) o PCPI no sistema MPB tende a ser menor, já que a planta chega ao campo com parte aérea e sistema radicular desenvolvidos. Contudo, tem-se verificado a campo que a utilização do sistema MPB necessita de maior tempo para o fechamento das entrelinhas.

Em cana-soca (cultivar SP803280, plantio em novembro), a produtividade da cana-de-açúcar reduziu de 126,8 para 84,4 t ha⁻¹ quando conviveu com plantas daninhas durante 270 dias. O PAI, PCPI e PTPI foram, respectivamente 18, 18 - 137 e 137 dias, quando se adotou um nível de tolerância de 5%, na presença de 12 espécies de plantas daninhas, com *P. maximum*, *Acanthospermum hispidum* DC. e *A. tenella* apresentando as maiores IR% (Meirelles et al., 2009). Em comparação ao presente estudo, o PAI da cana-soca foi inferior ao do sistema MPB. Entretanto, o PTPI da MPB foi inferior ao da cana-soca.

Com relação a influência da densidade de tiririca em cana-de-açúcar Durigan et al. (2005) observaram que baixas (58 - 246 manifestações epígeas m⁻²), médias (318 - 773 manifestações epígeas m⁻²) e altas (675 - 1.198 manifestações epígeas m⁻²) densidades da planta daninha reduzem 13,5, 29,3 e 45,2% a produtividade da cana-de-açúcar, respectivamente, quando comparadas ao controle. No presente estudo, as espécies *C. rotundus* (IR = 32,35%), *A. tenella* (IR = 22,51%), *D. ciliaris* (IR = 15,56%) e *P. oleraceae* (IR = 7,45%), reduziram a produtividade em 93,5%, com perda de 8,22% por dia de convivência. Ressaltando, portanto, a importância de se conhecer as espécies presentes na área.

A convivência de cana-de-açúcar (RB835486) com *U. decumbens* (principal espécie presente na área) e outras plantas daninhas como *Ipomoea* sp., *Sida* sp. e *Richardia brasiliensis* (Gomes), resultou em redução de 82% na produtividade, com produção de 18 t ha⁻¹ na presença das infestantes, quando o plantio da cultura foi realizado em maio. O PAI, PCPI e PTPI foram de 89, 89 - 138 e 138 dias, respectivamente (Kuva et al., 2001). Valores estes, superiores aos períodos observados no presente trabalho (26, 26 - 68 e 68 dias), provavelmente devido as diferentes épocas de plantio dos dois estudos e as espécies predominantes.

Os períodos de interferência quando a cana-de-açúcar (RB835089) conviveu principalmente com *U. decumbens* e *P. maximum*, foram de 74 (PAI), 74 - 127 (PCPI) e 127 (PTPI) dias, quando o plantio foi realizado em abril. Com 25,98% de perda por dia de convivência e incremento de 57,29% por dia de controle (Kuva et al., 2003). Períodos estes, superiores aos encontrados no presente trabalho, demonstrando que o plantio realizado nos meses com maiores índices pluviométricos, necessitam de controle antecipado. Em relação as plantas daninhas, os valores de perda e incremento mostram que uma elevada presença de gramíneas causa maiores prejuízos à cultura do que *C. rotundus*.

Hijano (2016) estudou os períodos de convivência entre plantas daninhas e MPB de cana-de-açúcar (cultivar CTC 14, plantio em janeiro), com 87,5% do banco de sementes composto por *R. cochinchinensis*. O PAI, PCPI e PTPI encontrados, quando se adotou uma redução de produtividade de 5% foram de 54, 54 - 130 e 130 dias, respectivamente. A produtividade máxima estimada foi de 106,7 t ha⁻¹, reduzida para 76,5 t ha⁻¹ quando a cultura conviveu com as plantas daninhas por 450 dias. Em comparação a este estudo, o PAI do presente trabalho foi inferior em 28 dias, o que ressalta a importância de se conhecer as espécies presentes na comunidade infestante, pois estas podem ser mais ou menos competitivas.

O PAI, PCPI e PTPI de MPB (RB867515) foram de 35, 103 e 138 dias, quando a maior IR% foi das plantas daninhas *Ipomoea hederifolia* L. e *Merremia aegyptia* (L.) Urb., com redução de produtividade aproximadamente em 60%, o que representou uma perda de 6,11%

por dia de convivência com as infestantes, e um incremento de 27,7% por dia de controle (Beluci et al., 2018). O ganho por dia de controle foi superior ao verificado no presente trabalho para a espécie *C. rotundus*, (11,37%), essas diferenças dependem da comunidade de plantas daninhas e da capacidade competitiva da cultivar.

A planta daninha *P. maximum* reduziu o número de colmos de MPB de cana-de-açúcar da cultivar IACSP95-5000 aos 120 DAP, independente da tecnologia utilizada (Plene Evolve, Plene PB ou MPB-IAC). Além disso, aos 30 DAP, as plantas daninhas *U. plantaginea*, *Sida rhombifolia* L., *Digitaria horizontalis* Willd., *Amaranthus retroflexus* L. e *P. maximum* reduziram a altura das plantas da cultura (Zera et al., 2016). A menor altura também foi observada no presente estudo, na qual a convivência inicial da cultura com as plantas daninhas durante 60, 90 e 120 DAP, resultou em menores valores.

A convivência da cana-de-açúcar (RB72454, RB857515 e SP801816), com *U. brizantha*, reduziu a produtividade da cultura conforme o aumento da densidade da planta daninha, na média das três cultivares, a redução foi de 73 t ha⁻¹ em comparação com o tratamento controle (ausência de plantas daninhas) (Galon et al., 2012). As mesmas cultivares, também apresentaram valores inferiores em área foliar, massa seca e número de colmos, de acordo com o aumento da densidade de *U. brizantha* (Galon et al., 2011). No presente estudo, a interferência imposta pelas plantas daninhas reduziu a altura das plantas de cana-de-açúcar quando estas conviveram durante 60, 90 e 120 dias, o diâmetro de colmo quando conviveram por 120 dias e o número de perfilhos na convivência a partir dos 60 dias e quando a cultura permaneceu livre das infestantes apenas durante os primeiros 30 dias.

O PAI e o PTPI na cultura da cana-de-açúcar (5% de perda) foi de 75 e 80 (cana-crua) dias após a brotação (DAB) da cana-soca (RB867515), respectivamente, quando o estudo foi conduzido de agosto a julho (Mata, 2015). O valor do PTPI é próximo ao observado no presente trabalho, entretanto ressalta-se que foram realizados em diferentes épocas, o que pode alterar os períodos.

Os períodos de interferência estabelecidos neste trabalho, evidenciam que o plantio com MPB, a época de plantio e a composição da flora infestante influenciam os períodos de controle. Portanto, o manejo das plantas daninhas deve ser realizado desde o plantio até os 68 dias, o que pode ser feito com herbicidas com efeito residual que cubram esse período. Outras medidas adotadas incluem, a escolha de cultivares com rápido estabelecimento e bom perfilhamento, para que o fechamento das entrelinhas ocorra no menor tempo possível.

2.5. Conclusão

O PAI, PCPI e PTPI foram de 26, 26 - 68 e 68 dias, respectivamente, quando se adotou 5% de redução na produtividade.

Referências

- Amaral, F.C.R.; Azania, C.A.M. Períodos de interferência de plantas daninhas em MPBs. **Canavieiros**, n.127, 2017.
- Baloch, A.H.; Rehman, H.; Ibrahim, Z.; Buzdar, M.A.; Ahmad, S. The biology of balochistani weed: *Cyperus rotundus* Linnaeus. A Review. **Pure and Applied Biology**, v.4, n.2, p.171-180, 2015.
- Beluci, L.R.; Bacha, A.L.; Barroso, A.A.; Alves, P.L.C. One-eye-set sugarcane susceptibility to weed interference. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.4, p.3513-3523, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820180166>.
- Bendixen, L.E.; Nandihalli, U.B. Worldwide distribution of purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). **Weed Technology**, v.1, n.1, p.61-65, 1987. doi: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00029158>.
- Durigan, J.C.; Timossi, P.C.; Correia, N.M. Effects of purple nutsedge plant densities and chemical control on sugarcane yield. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.463-469, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000300010>.
- Galon, L.; Tironi, S.P.; Faria, A.T.; Silva, A.F.; Silva, A.A.; Concenço, G.; Borges, E.T.; Rocha, P.R.R.; Ferreira, E.A.; Aspiázú, I. Interference of *Brachiaria brizantha* in the morphology of sugarcane. **Planta Daninha**, v.29, n.esp., p.1029-1036, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000500009>.
- Galon, L.; Tironi, S.P.; Silva, A.F.; Beutler, A.N.; Rocha, P.R.R.; Ferreira, E.A.; Silva, A.A. Macronutrients availability in sugarcane varieties grown under increasing densities of *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1372-1379, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800007>.
- Hijano, N. **Interferência de capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam + metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB**. 2016. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

- Instituto Agronômico de Campinas [IAC]. 2018. **Programa Cana IAC**. Disponível em: <http://socicana.com.br/2.0/wp-content/uploads/2012-10-31-08-38CatalogodeCultivarsIAC.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018.
- Kuva, M.A.; Gravena, R.; Pitelli, R.A.; Christoffoleti, P.J.; Alves, P.L.C.A. Interference periods of weeds in the sugarcane crop: III - *Brachiaria decumbens* and *Panicum maximum*. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000100005>.
- Kuva, M.A.; Gravena, R.; Pitelli, R.A.; Christoffoleti, P.J.; Alves, P.L.C.A. Interference periods of weeds in the sugarcane crop: II - *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.323-330, 2001. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000300003>.
- Kuva, M.A.; Pitelli, R.A.; Alves, P.L.C.A.; Salgado, T.P.; Pavani, M.C.D.M. Weed seedbank and its correlation with the established flora in no-bum sugarcane area. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.735-744, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000400004>.
- Kuva, M.A.; Pitelli, R.A.; Christoffoleti, P.J.; Alves, P.L.C.A. Interference periods of weeds in the sugarcane culture: I - purple nutsedge. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p. 241-251, 2000. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000200006>.
- Kuva, M.A.; Pitelli, R.A.; Salgado, T.P.; Alves, P.L.C.A. Phytosociology of weed community in no-burn sugar cane agroecosystems. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.501-511, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300009>.
- Lorenzi, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p. 7ed. 2014.
- Magalhães, A.C. Studies on the effect of light upon nutsedge plants. **Bragantia**, v.26, n.9, p.131-142, 1967.
- Mata, J.F. **Interferência das plantas daninhas na produtividade e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar no manejo cana-crua e queimada**. 2015. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.
- Meirelles, G.L.S.; Alves, P.L.C.A.; Nepomuceno, M.P. Weed interference periods in ratoon sugarcane. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.67-73, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000100010>.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: Wiley, 1974. 547p.

- Nemoto, M.; Alves, P.L.; Pitelli, R.A.; Nemoto, L.R. Study of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) under levels of phosphoric fertilization and shading. **Planta Daninha**, v.13, n.1, p.50-55, 1995. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581995000100009>.
- Pimentel-Gomes F.; Garcia C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil, 2002.
- Pitelli, R.A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série técnica IPEF**, v.4, n.12, p.1-24, 1987.
- Pitelli, R.A. Competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas. In: Monquero, P.A. (ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. Editora Rima, São Carlos, SP, Brasil, 2014.
- Pitelli, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.
- Pitelli, R.A.; Durigan, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. **Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas**, 1984, Piracicaba. p.37.
- Rahnavard, A.; Ashrafi, Z.Y.; Rahbari, A.; Sadeghi, S. Effect of diferente herbicides on control of purple nutsedge. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.16, n.1, p.57-66, 2010.
- Silva, G.S.; Silva, A.F.M.; Giraldele, A.L.; Ghirardello, G.A.; Victoria Filho, R.; Toledo, R.E.B. Weed management in pre-sprouted seedlings system of sugarcane. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.1, p.86-94, 2018. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.526>.
- Soares, M.B.B.; Bianco, S.; Finoto, E.L.; Bolonhezi, D.; Albuquerque, J.A.A.; Silva, A.A. Weed community in a raw sugarcane renovation area submitted to different soil managements. **Planta Daninha**, v.34, n.1, p.91-98, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582016340100009>.
- Stoller, E.W.; Sweet, R.D. Biology and life cycle of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). **Weed Technology**, v.1, n.1, p.66-73, 1987. doi: <https://doi.org/10.1017/S0890037X0002916X>.
- Toledo, R.E.B.; Victoria Filho, R.; Marchiori, L.F.S.; Karam, D.; Negrisoli, E. Biologia e manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar e na sucessão com culturas anuais nas áreas de reforma. In: Silva, F.C.; Alves, B.J.R.; Freitas, P.L. (ed.). **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 2ed. Embrapa, Brasília, DF, Brasil, 2017.

Zera, F.S.; Schiavetto, A.R.; Azania, C.A.M. Interferência de plantas daninhas em mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar nas tecnologias Plene PB, Plene Evolve e MPB-IAC. **STAB**, v.34, n.5, 2016.

3. MANEJO QUÍMICO DE *Cyperus rotundus* L. E OUTRAS PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR NO SISTEMA DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB)

RESUMO

As plantas daninhas causam grandes prejuízos na cultura da cana-de-açúcar quando não manejadas adequadamente. O controle químico está entre os mais utilizados em cana-de-açúcar, devido a elevada eficácia e baixo custo. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o controle de plantas daninhas, principalmente *Cyperus rotundus* L., com herbicidas em pré e pós-plantio de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar, além de avaliar as injúrias e a produtividade da cultura. O trabalho foi conduzido no campo, no delineamento de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam aos herbicidas aplicados em pré-plantio (um dia antes do plantio): sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (193,17 g i.a. ha⁻¹), imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g e.a. ha⁻¹); em pós-plantio (30 dias após o plantio – DAP): halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.975 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹); além de um tratamento controle com capina e outro sem capina. A cultivar utilizada foi a IACSP95-5000. Foram avaliados os sintomas de injúria aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAP e porcentagem de controle das plantas daninhas aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAP. Aos 60, 90, 120 e 240 DAP foram avaliados as variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo da cana-de-açúcar, e as 240 DAP foi realizado o corte de dez colmos ao acaso dentro das parcelas, pesados, contados o número de perfilhos em seis metros e estimada a produtividade. Os herbicidas diclosulam, imazapic e imazapyr causaram danos graves à cultura. O halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA e 2,4-D não causaram sintomas de injúria à cana-de-açúcar, entretanto os tratamentos tiveram a produtividade reduzida devido ao baixo controle das plantas daninhas. O sulfentrazone foi o tratamento que propiciou a segunda maior produtividade, depois do controle com capina, mas com controle eficaz das plantas daninhas apenas até 45 DAP. Os melhores controles foram obtidos com os tratamentos em pré-plantio, entretanto devem ser realizados estudos de posicionamento dos herbicidas em relação à MPB.

Palavras-chave: Controle; Herbicidas; Pré-plantio; Pós-plantio; *Saccharum* spp.

ABSTRACT

The weeds cause great loss in the sugarcane crop when not managed. Chemical control is among the most used because of its high efficacy. The aim of this study was evaluate the control of weeds with herbicides in pre and post-planting of pre-sprouted seedlings (PSS) of sugarcane, in addition to evaluating crop injuries and yield. The work was carried out in the field, in a randomized complete block design, with ten treatments and four replications. The treatments corresponded to the herbicides applied in pre-planting: sulfentrazone (800 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (193.17 g a.i. ha⁻¹), imazapic (133 g a.i. ha⁻¹) and imazapyr (500 g a.e. ha⁻¹); post-planting: halosulfuron (112.5 g a.i. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g a.i. ha⁻¹), MSMA (1.975 g a.i. ha⁻¹) and 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹); besides a control treatment with weeding and another without weeding. The cultivar used was IACSP95-5000. Crop injury symptoms were evaluated at 30, 45, 60, 75 and 90 DAP and percentage of weed control at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 DAP. At 60, 90, 120 and 240 DAP the variables related to the agronomic performance of sugarcane were evaluated, and at 240 DAP the cutting of ten culms at random within the plots, weighing, counting the number of tillers in six meters and estimating the productivity. The herbicides diclosulam, imazapic and imazapyr caused severe damage to the crop. Halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA and 2,4-D did not cause injury symptoms to sugarcane, however the treatments had reduced productivity due to low weed control. Sulfentrazone was the treatment that provided the second highest productivity, after weeding, but with effective weed control only up to 45 DAP. The best controls were obtained with the pre-planting treatments, however studies of herbicide positioning relative to the MPB must be carried out.

(1,975 g a.i. ha⁻¹) and 2,4-D (1,340 g a.e. ha⁻¹); besides a control treatment weeding and another without weeding. Sugarcane cultivar used was IACSP95-5000. Crop injury was evaluated at 30, 45, 60, 75 and 90 days after planting (DAP) and percentage of weed control at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 DAP. The variables related to the agronomic performance of sugarcane were evaluated at 60, 90, 120 and 240 DAP. Diclosulam, imazapic and imazapyr herbicides were not selective to the crop. Halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA and 2,4-D were selective to the sugarcane, however the treatments reduced the sugarcane yield due to low weed control. Sulfentrazone was the treatment with the second highest yield, after weeding control, considered to be selective, but with effective control of weeds only up to 45 DAP. The best controls were obtained with pre-planting treatments; however, herbicide setting studies should be performed in relation to PSS.

Keywords: Control; Herbicides; Pre-planting; Post-planting; *Saccharum* spp.

3.1. Introdução

Dentre as principais espécies de plantas daninhas de difícil controle nos canaviais pode-se citar a tiririca (*Cyperus rotundus* L.). Essa espécie foi observada no banco de propágulos em canaviais colhidos com ou sem a queima (Ferreira et al., 2013), com quantidades de até 15 t ha⁻¹ de palha (Ferreira et al., 2010), considerada a principal planta daninha dentre as 15 espécies encontradas, apresentando Importância Relativa (IR%) acumulada de 1.299 em cana-crua (Kuva et al., 2007), dominando em todas as áreas estudadas por Lousada et al. (2013), com Índice de Valor de Importância (IVI) de 230,08 em áreas de produção de cana-de-açúcar (Oliveira; Freitas, 2008).

As plantas daninhas conhecidas por tiriricas pertencem a família Cyperaceae, dentre elas podem ser citadas *C. difformis* L. (junquinho), *C. esculentus* L. (tiriricão), *C. iria* L. (junça-três-quinas), *C. odoratus* L. (junquinho) e *C. rotundus* (tiririca). As espécies inseridas nessa família possuem como características comuns um caule triangular, podendo ser anuais ou perenes, herbáceas e eretas. Dependendo da espécie a reprodução ocorre via sementes como no caso de *C. difformis*, *C. iria* e *C. odoratus*. Para *C. esculentus* e *C. rotundus* a reprodução também ocorre via tubérculos, sendo muito expressiva para a segunda espécie (Lorenzi, 2014).

A produtividade da cana-de-açúcar (cultivar SP 86042) foi reduzida, quando comparada ao cultivo livre da presença de *C. rotundus*, em 13,5% quando a cultura conviveu com uma baixa densidade da espécie (246 manifestações epígeas m⁻²), em 29,3% com média densidade (773 manifestações epígeas m⁻²) e em 45,2% na alta densidade (1.198 manifestações epígeas m⁻²) (Durigan et al., 2005). Em sistema de plantio por meio de mudas pré-brotadas

(MPB), a produtividade da cana-de-açúcar (cultivar CTC 14) reduziu de 106,7 t ha⁻¹ para 75,6 t ha⁻¹, quando a cultura conviveu com plantas daninhas, com a principal espécie sendo representada por *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Hijano, 2016).

No caso de *C. rotundus* a reprodução via tubérculos dificulta o controle dessa espécie, principalmente por meio de herbicidas, pois estes precisam translocar na planta e chegar em quantidade suficiente aos órgãos de propagação vegetativa. Para uma planta ser considerada suscetível ao herbicida, o controle deve ser acima de 85% (Lorenzi, 2014). Neste contexto, alguns produtos utilizados em cana-de-açúcar podem auxiliar no controle, como por exemplo o diclosulam, imazapic, imazapyr, sulfentrazone, MSMA, 2,4-D, halosulfuron, glyphosate e ethoxysulfuron, aplicados em pré-emergência, pós-emergência inicial, pós-emergência tardia e planta adulta, de acordo com a recomendação (Rodrigues; Almeida, 2011; Rodrigues; Almeida, 2018).

Os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), imazapic (147 g i.a. ha⁻¹) e halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹) reduziram o número e o peso de tubérculos viáveis, e elevaram o número de tubérculos mortos de *C. rotundus*, em relação ao controle sem aplicação, aos 60 DAP. Dentre os três herbicidas o que proporcionou as maiores reduções na massa seca de tubérculos viáveis foi o sulfentrazone, quando aplicado em vasos com densidade de 18, 24, 30 e 36 tubérculos por vaso, correspondentes à 399,9, 533,2, 665,5 e 799,8 tubérculos m² (Silva et al., 2014). Contudo, mais estudos são necessários para a compreensão do manejo químico de *C. rotundus* em sistema MPB.

Assim, partindo da hipótese de que o manejo químico deverá ser diferente em sistema MBP, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia de herbicidas para o controle de *C. rotundus* e outras plantas daninhas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

3.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em área experimental pertencente ao Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba - SP (22°42'47,8" S, 47°37'14,6" W, altitude de 547 m). O clima da região, segundo classificação Köppen é do tipo Cwa, relativamente seco no inverno, com chuvas no verão. A Figura 1 representa os dados de precipitação e temperatura durante os meses de condução do experimento. Os resultados da análise química e física do solo estão apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como de Textura Média.

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura máxima e mínima média (°C) durante a condução do experimento. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

P (Resina) mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al mmol _c dm ⁻³	H + Al	SB	CTC	V %	m
11	17	5,5	4,6	26	9	< 2	12	36,1	48,1	75	3
Areia				Silte				Argila			
76,3%				6,2%				17,5%			

Antes da instalação do experimento foi realizado o levantamento fitossociológico da área (novembro de 2017) mediante amostragens utilizando quadrados vazados de ferro com 0,5 m de lado e área interna de 0,25 m², que foram lançados 15 vezes ao acaso. As plantas amostradas foram contadas, identificadas e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C por 48 h, para obtenção da massa seca.

Com os dados amostrados foi realizado a análise descritiva das plantas daninhas, por meio de parâmetros fitossociológicos representados pela IR% e IVI das espécies presentes na área experimental (Mueller-Dombois; Ellenberg, 1974).

O experimento foi instalado em área cultivada anteriormente com soja, tendo-se realizado o cultivo mecânico, adubação com 320 kg ha⁻¹ da fórmula 08-24-20 no sulco de plantio (50 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de KCl) e aplicação de 400 g i.a. ha⁻¹ de fipronil (Regent® 800 WG, 500 g p.c. ha⁻¹, WG, Basf); três semanas após o plantio foi feita aplicação de 10,5 g i.a. ha⁻¹ de clorantraniliprole (Altacor®, 30 g p.c. ha⁻¹, WG, DuPont).

As mudas de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, foram plantadas em 12 de dezembro de 2017, com linhas de plantio espaçadas de 1,50 metros e 0,65 metros entre mudas

na linha de plantio. A parcela experimental foi composta por cinco linhas de seis metros de comprimento (36 m^2), totalizando 45 plantas por parcela (nove plantas por linha). Para as avaliações foi considerada a área útil das parcelas, que corresponde as três linhas centrais, excluindo um metro no início e ao final da parcela. Após o plantio, a área foi irrigada com uma lâmina de água de aproximadamente 20 mm.

A cultivar IACSP95-5000 (SP84-2066 x SP80-185) possui porte ereto, ótima performance no plantio em colheita mecanizada, alto teor de sacarose, ótima brotação de soqueira sob palha, bom perfilhamento e fechamento de entrelinhas, indicada para ambientes médios - favoráveis (A1 - C2), adaptada praticamente a todas as regiões de cultivo da região Centro-Sul do Brasil, possibilidades de colheita de junho a outubro, não apresentando tombamento e florescimento, e ainda apresentando resistência as principais doenças (Instituto Agrônômico de Campinas [IAC], 2018).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 10 tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições. Os herbicidas de pré-plantio foram aplicados um dia antes do plantio (11 de dezembro de 2017) e os de pós-plantio quando as tiriricas estavam em pleno desenvolvimento vegetativo (4 a 5 folhas), aos 30 dias após o plantio (DAP). Foram utilizados todos os herbicidas recomendados para o controle de *C. rotundus* em cana-de-açúcar, mesmo sabendo dos possíveis danos à cultura nessa modalidade de aplicação, como é o caso do imazapyr.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em área total via pulverizador costal pressurizado a CO_2 , equipado com barra com quatro pontas de pulverização tipo leque jato plano modelo Teejet® XR110.02, a uma pressão constante de $2,1 \text{ kgf cm}^{-2}$, propiciando um volume de calda de 200 L ha^{-1} , e velocidade de 1 m s^{-1} , sendo que as pontas foram posicionadas a uma altura de 50 cm do alvo. No momento das aplicações em pré-plantio as condições ambientais eram de $26,2 \text{ }^\circ\text{C}$, $2,7 \text{ m s}^{-1}$ e 63% de umidade relativa do ar (UR). Já, nas aplicações de pós-plantio as condições ambientais eram de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,5 \text{ m s}^{-1}$ e 86% de UR.

Nas aplicações dos herbicidas em pós-plantio, foi utilizado o espalhante adesivo não iônico Agral para os herbicidas halosulfuron, MSMA e 2,4-D, nas doses de 0,5% v/v, 100 mL a cada 100 L de água e 0,3% v/v/, respectivamente.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos experimentais. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Herbicida ¹	Produto ²	Dose P.C. ³	Dose ⁴	Época de Aplicação ⁵
1 - controle com capina	-	-	-	-
2 - controle sem capina	-	-	-	-
3 - sulfentrazone	Boral® 500 SC	1,6 L	800	PRÉ
4 - diclosulam	Coact®	230 g	193,17	PRÉ
5 - imazapic	Plateau®	190 g	133	PRÉ
6 - imazapyr	Contain®	2,0 L	500	PRÉ
7 - halosulfuron	Sempre®	150 g	112,5	PÓS
8 - ethoxysulfuron	Gladium®	225 g	135	PÓS
9 - MSMA	Volcane®	2,5 L	1.975	PÓS
10 - 2,4-D	DMA® 806 BR	2,0 L	1.340	PÓS

¹ingredientes ativos; ²nome do produto comercial; ³dose do produto comercial (P.C.) ha⁻¹; ⁴dose em g i.a. ha⁻¹ e em g e.a. ha⁻¹ para os herbicidas 2,4-D e imazapyr; ⁵época de aplicação dos herbicidas: pré-plantio (um dia antes do plantio) e pós-plantio (30 dias após o plantio).

As MPB foram avaliadas quanto aos sintomas de injúria, mediante avaliações visuais, em que foram atribuídas notas percentuais a cada unidade experimental (0 para ausência de injúrias, até 100% para morte das plantas), considerando-se neste caso sintomas significativamente visíveis nas plantas, de acordo com seu desenvolvimento (European Weed Research Council [EWRC], 1964). Estas avaliações foram realizadas aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAP.

O controle das plantas daninhas foi avaliado atribuindo notas de porcentagem de 0 a 100%, onde zero representa ausência de controle e 100% ausência de plantas daninhas (Asociation Latinoamericana de Malezas [ALAM], 1974). Estas avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAP, as duas primeiras apenas para os tratamentos em pré-plantio. Aos 90 DAP foi realizada a massa seca das plantas daninhas presentes nas parcelas. Nestas amostragens foram utilizados quadrados vazados de ferro com 0,5 m de lado e área interna de 0,25 m², que foram lançados ao acaso duas vezes na área útil das parcelas. As plantas amostradas foram cortadas rente ao solo, armazenadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C por 48 h, para determinação da massa seca.

As avaliações de altura, diâmetro e número de perfilhos foram realizadas aos 60, 90 e 120 DAP. Para isso, cinco plantas por parcela foram medidas em cada avaliação quanto as variáveis: altura da planta do solo até a última folha expandida, feita com régua milimetrada de madeira e resultados expressos em centímetros; diâmetro do colmo a cinco centímetro de altura em relação ao solo, feito com paquímetro digital e resultados expressos em milímetros; e número de perfilhos. Aos 240 DAP também foi realizada a altura e o diâmetro de plantas.

A estimativa da produtividade de cana-de-açúcar para cada tratamento foi realizada aos 240 DAP. Para isso foram contados o número de colmos em seis metros, além da pesagem

de dez colmos de cada parcela, que foram cortados ao nível do solo, limpos e pesados em balança para obtenção da massa. Os dados obtidos foram extrapolados para toneladas de cana-de-açúcar por hectare.

Os dados de sintomas de injúria e controle de plantas daninhas foram analisados de forma descritiva. As variáveis altura, diâmetro, número de perfilhos, massa seca das plantas daninhas, peso de dez colmos e produtividade foram submetidos a análise de variância e teste F ($p < 0,05$), e quando significativos, as médias foram comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002).

3.3. Resultados

O levantamento fitossociológico da área demonstrou a presença de 12 espécies de plantas daninhas, pertencentes a seis famílias. Destas, 58,33% são monocotiledôneas e 41,66% eudicotiledôneas. As plantas com maiores IR% foram: *C. rotundus* (32,35%), *Alternanthera tenella* Colla (22,51%), *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler (15,56%) e *Portulaca oleraceae* L. (7,45%). Os IVI e IR% estão representados na Figura 2.

As plantas daninhas que ocorreram na área e suas respectivas famílias foram: Amaranthaceae: *Amaranthus viridis* L., *A. tenella*; Asteraceae: *Bidens subalternans* DC., *Emilia fosbergii* Nicolson; Commelinaceae: *Commelina benghalensis* L.; Cyperaceae: *C. rotundus*; Poaceae: *Cenchrus echinatus* L., *D. ciliaris*, *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Panicum maximum* Jacq., *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster; Portulacaceae: *P. oleraceae*.

Figura 2. Importância Relativa (IR%) e Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies de plantas daninhas presentes na área experimental. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Os sintomas de injúria foram elevados para os herbicidas aplicados em pré-plantio, aos 30 DAP. O diclosulam propiciou sintomas de 33,75%, caracterizado visualmente com clorose das folhas da cultura. Já o imazapic e o sulfentrazone causaram até 37,5% de injúria, para o segundo herbicida foram observadas manchas avermelhadas no limbo das folhas. O imazapyr foi o mais prejudicial a cultura, com 73,75% de sintomas de injúria, tendo sido observadas manchas cloróticas intensas nas folhas (Tabela 3).

O herbicida sulfentrazone causou sintomas de injúria na cana-de-açúcar até os 45 DAP, com redução para 20% nesta avaliação, e para 0% a partir dos 60 DAP. Para o diclosulam foram verificadas injúrias até os 90 DAP, com o maior valor aos 75 DAP (58,75%). Foi observado que o herbicida causou a paralisação no crescimento e desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar, o que também ocorreu com a aplicação do imazapic. Já o imazapyr ocasionou injúrias severas desde os 30 DAP (Tabela 3).

Para os herbicidas aplicados em pós-plantio (halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA e 2,4-D), não foram observados sintomas de injúria nas plantas de cana-de-açúcar, em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 3).

Tabela 3. Sintomas de injúria (%) em MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Sintomas de injúria (%)				
	30	45	60	75	90
Controle com capina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Controle sem capina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sulfentrazone	37,50	20,00	0,00	0,00	0,00
diclosulam	33,75	46,25	51,25	58,75	48,75
imazapic	37,50	48,75	57,50	57,50	50,00
imazapyr	73,75	88,75	92,50	96,00	95,50
halosulfuron	-	0,00	0,00	0,00	0,00
ethoxysulfuron	-	0,00	0,00	0,00	0,00
MSMA	-	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4-D	-	0,00	0,00	0,00	0,00

DAP: dias após o plantio.

Em relação ao controle das plantas daninhas, os herbicidas aplicados em pré-plantio foram, no geral, o que obtiveram os melhores resultados. Até os 45 DAP todos os herbicidas em pré-plantio proporcionaram controle considerado “bom” (71 - 80%). Após este período apenas o imazapyr proporcionou controle acima de 70%, o que refletiu em menor valor de massa seca aos 90 DAP (41,88 g). Todos os herbicidas reduziram a porcentagem de controle ao longo das avaliações e a massa seca aos 90 DAP (Tabela 4).

A partir dos 60 DAP, foi observada redução nas porcentagens de controle para os herbicidas em pré-plantio (Tabela 4). Para a espécie *C. rotundus* foi verificado que os herbicidas imazapic, imazapyr e diclosulam atuaram impedindo a emergência da espécie e possivelmente a germinação dos tubérculos. Já para o sulfentrazone, observa-se que as plantas de tiririca emergem com os sintomas do herbicida, que evoluem até a morte da planta. Os sintomas constatados foram manchas cloróticas nas folhas com evolução para necrose e consequente morte.

O controle com herbicidas em pós-plantio não se demonstrou viável, pois não resultou em controles eficientes das plantas daninhas. O máximo de controle foi obtido para halosulfuron e ethoxysulfuron aos 90 DAP, com 23,75 (114,43 g) e 25% (112,74 g), respectivamente. Todos os tratamentos reduziram a massa seca em relação ao controle sem capina, entretanto não foram iguais ao controle com capina (Tabela 4). As plantas de *C. rotundus* foram visivelmente mais controladas devido à sombra proporcionada pelas outras espécies presentes na área.

Tabela 4. Controle (%) e massa seca (g) de plantas daninhas em MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Controle (%)						Massa seca (g)	
	15	30	45	60	75	90		
Controle com capina	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	a
Controle sem capina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219,03	g
sulfentrazone	91,67	90,00	71,25	55,00	41,25	31,25	79,73	c
diclosulam	82,67	92,50	80,00	71,25	56,25	25,00	102,93	cd
imazapic	80,00	87,50	73,75	62,50	57,50	35,00	50,24	b
imazapyr	83,33	87,00	83,75	82,50	73,75	57,50	41,88	b
halosulfuron	-	-	0,00	3,25	11,25	23,75	114,43	d
ethoxysulfuron	-	-	0,00	3,75	17,50	25,00	112,74	d
MSMA	-	-	0,00	0,00	1,25	13,75	188,90	f
2,4-D	-	-	0,00	10,00	8,75	20,00	158,43	e
						Média	105,83	
						DMS	27,43	
						CV (%)	8,96	

DAP: dias após o plantio. * médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação.

As alturas mais elevadas da cana-de-açúcar foram obtidas para os tratamentos sem capina e aplicação de herbicidas em pós-plantio, provavelmente pela maior competição estabelecida nessas parcelas, resultado do baixo controle proporcionado, provocando a busca por luminosidade. O sulfentrazone resultou em altura estatisticamente igual ao controle com capina. Já, para o diclosulam, imazapic e imazapyr foram verificadas as menores alturas (Tabela 5).

Tabela 5. Altura (cm), diâmetro (mm) e número de perfilhos, de MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 60 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Altura *	Diâmetro *	Perfilhos *
Controle com capina	34,05 b	18,00 a	10,65 a
Controle sem capina	55,10 a	18,15 a	2,00 bc
sulfentrazone	31,72 b	14,35 a	4,95 b
diclosulam	14,47 c	5,35 b	0,05 c
imazapic	14,20 c	5,95 b	0,15 c
imazapyr	4,24 c	3,78 b	0,00 c
halosulfuron	52,05 a	17,40 a	2,15 bc
ethoxysulfuron	52,65 a	17,95 a	2,95 bc
MSMA	53,15 a	17,65 a	2,60 bc
2,4-D	50,75 a	16,00 a	2,50 bc
Média	36,23	13,45	2,80
DMS	12,42	5,09	3,78
CV (%)	14,09	15,55	17,94

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação.

Em relação ao diâmetro do colmo (60 DAP), os menores valores foram verificados para os herbicidas diclosulam, imazapic e imazapyr em comparação ao controle com capina e sem capina. Nesta avaliação, o número de perfilhos foi menor para todos os tratamentos em relação ao controle com capina. Dentre os herbicidas de pré-plantio o maior número de perfilhos foi nos tratamentos com sulfentrazone (Tabela 5).

A análise de variância foi significativa aos 90 DAP para as variáveis altura, diâmetro e número de perfilhos. As menores alturas e diâmetros foram observadas para aplicação de diclosulam, imazapic e imazapyr, em relação ao controle com capina, entretanto, o sulfentrazone não diferiu do imazapic para a variável altura. Todos os herbicidas e o controle sem capina, reduziram o número de perfilhos quando comparados ao controle com capina (Tabela 6).

Tabela 6. Altura (cm), diâmetro (mm) e número de perfilhos, de MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 90 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Altura *	Diâmetro *	Perfilhos *
Controle com capina	54,40 a	21,82 a	14,40 a
Controle sem capina	72,00 a	23,30 a	1,70 bc
sulfentrazone	52,90 ab	19,98 a	4,35 b
diclosulam	23,80 c	11,65 b	0,40 c
imazapic	33,25 bc	14,10 b	0,25 c
imazapyr	2,65 d	2,66 c	0,00 c
halosulfuron	63,05 a	22,54 a	2,35 bc
ethoxysulfuron	55,85 a	21,63 a	2,40 bc
MSMA	61,00 a	20,87 a	2,20 bc
2,4-D	57,90 a	21,01 a	1,95 bc
Média	47,68	17,95	3,00
DMS	19,75	5,55	3,52
CV (%)	17,03	12,71	15,78

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação.

Para a avaliação aos 120 DAP, a análise de variância indicou diferença estatística para todas as variáveis. As menores alturas foram observadas para aplicação de diclosulam (37,10 cm), imazapic (45,30 cm) e imazapyr (10,75 cm), e para ethoxysulfuron que diferiu do controle com capina. Em relação ao diâmetro, os menores valores também foram obtidos para o diclosulam, imazapic e imazapyr (12,98; 16,25 e 4,81 mm). Todos os tratamentos reduziram o número de perfilhos quando comparados com ao controle com capina (Tabela 7).

Tabela 7. Altura (cm), diâmetro (mm) e número de perfilhos, de MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 120 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Altura *		Diâmetro *		Perfilhos *	
Controle com capina	102,35	a	28,55	a	12,80	a
Controle sem capina	92,65	ab	25,62	a	2,50	bcd
sulfentrazone	84,65	ab	26,18	a	5,90	b
diclosulam	37,10	c	12,98	b	0,70	cd
imazapic	45,30	c	16,25	b	2,75	bcd
imazapyr	10,75	d	4,81	c	0,25	d
halosulfuron	89,65	ab	25,81	a	4,90	b
ethoxysulfuron	74,70	b	23,94	a	5,25	b
MSMA	87,15	ab	25,07	a	5,30	b
2,4-D	91,15	ab	24,72	a	4,60	bc
Média	71,54		21,39		4,49	
DMS	24,72		6,44		3,92	
CV (%)	14,21		12,39		16,62	

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação.

Aos 240 DAP, a análise de variância mostrou redução de altura para todos os tratamentos em relação ao controle com capina, exceto para o herbicida sulfentrazone, que foi igual. O diâmetro foi inferior apenas para aplicação de imazapyr, pois não havia mais plantas para serem avaliadas, devido à morte das plantas. Todos os tratamentos foram inferiores ao controle com capina em relação ao número de perfilhos e ao peso de dez colmos, exceto o herbicida sulfentrazone para variável peso (Tabela 8).

Tabela 8. Altura (cm), diâmetro (mm), número de perfilhos, peso de dez colmos (kg) e produtividade (t ha⁻¹) de MPB, cultivar IACSP95-5000, aos 240 DAP. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Altura *		Diâmetro *		Perfilhos *		Peso *		Produtividade *	
Controle com capina	143,00	a	33,25	a	80,00	a	7,37	a	66,22	a
Controle sem capina	97,30	b	31,55	a	23,50	bc	4,22	cd	10,99	bc
sulfentrazone	111,50	ab	32,19	a	36,00	b	6,70	ab	27,12	b
diclosulam	44,90	c	23,30	a	16,25	bc	1,40	ef	2,93	c
imazapic	52,20	c	25,13	a	22,25	bc	2,32	de	6,41	c
imazapyr	0,00	d	0,00	b	0,00	c	0,00	f	0,00	c
halosulfuron	104,50	b	32,26	a	30,00	b	5,20	bc	18,39	bc
ethoxysulfuron	89,80	b	31,09	a	33,00	b	4,47	c	16,82	bc
MSMA	99,55	b	31,50	a	35,00	b	4,95	bc	19,81	bc
2,4-D	95,10	b	33,37	a	34,00	b	4,92	bc	18,92	bc
Média	83,78		27,36		31,00		4,15		18,76	
DMS	36,52		10,09		29,33		2,01		20,51	
CV (%)	17,92		15,17		21,27		19,92		23,28	

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação.

O menor número de perfilhos aliado ao menor peso de dez colmos refletiram na produtividade. Entretanto, ressalta-se que as baixas produtividades também são devido ao tempo de experimento (240 dias), pois o objetivo do estudo é a simulação de um viveiro de mudas, no qual a recomendação é de 8 a 10 meses. Todos os tratamentos foram inferiores ao controle com capina (Tabela 8), o que pode ter ocorrido por: controle insuficiente das plantas daninhas como no caso dos herbicidas em pós-plantio (halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA e 2,4-D), sintomas elevados de injúria dos produtos em pré-plantio (diclosulam, imazapic e imazapyr) ou porque o tempo entre o fechamento da cultura e o controle proporcionado pelo herbicida não foi suficiente, como no caso do sulfentrazone.

3.4. Discussão

Os sintomas elevados de injúria nas MPB, nas aplicações em pré-plantio, foram evidenciados, possivelmente, devido ao tempo transcorrido entre a aplicação dos herbicidas e o plantio, que foi de um dia. O diclosulam é recomendado em pré-emergência das plantas daninhas, no plantio convencional, após o plantio ou o corte da cana-de-açúcar, na dose de 105,8 a 194 g i.a. ha⁻¹, para o controle principalmente de *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *I. triloba* L. e *C. rotundus* (Rodrigues; Almeida, 2018). Entretanto, não há recomendação para o plantio com MPB.

O plantio de MPB das cultivares CTC 14, CTC 7 e RB966928, logo após a aplicação de diclosulam (200 g i.a. ha⁻¹), resultou em sintomas de injúria de 8,3% (14 dias após a aplicação - DAA), 21,9% (28 DAA), 34,6% (42 DAA) e 26,3% (63 DAA). Aos 63 DAA, as plantas ainda

não haviam recuperado das injúrias, tendo sido verificados sintomas de 33,5% (CTC 14), 21% (CTC 7) e de 24,3% (RB966928). Consequentemente, houve redução de altura das plantas em relação ao controle e menor número de perfilhos nas cultivares CTC 14 e RB966928 (Dias et al., 2017). A redução de altura e número de perfilhos também foi observada no presente trabalho, para a cultivar IACSP95-5000, com sintomas mais elevados de injúria: 46,25% (15 DAP), 51,25% (30 DAP), 58,75% (45 DAP) e de 48,75% (60 DAP).

A aplicação de diclosulam nas doses de 126 ou de 168 g i.a. ha⁻¹, em pré-emergência, resultaram em controle excelente (acima de 95%) das plantas daninhas *U. plantaginea*, *U. decumbens*, *P. maximum* e *D. horizontalis* (Takano et al., 2017). Para *C. rotundus*, o uso de 200 g i.a. ha⁻¹ de diclosulam, atingiu notas de controle 91,5% (45 DAA), 96,5% (60 DAA) e 93,5% (90 DAA), reduzindo o número de tubérculos germinados, dormentes e mortos em relação ao controle (Martins et al., 2009). No presente estudo o diclosulam proporcionou redução na emergência das espécies de *C. rotundus*, *P. maximum* e *D. ciliaris* atingindo controle geral de 82,67% (15 DAP), 92,5% (30 DAP), 80% (45 DAP), reduzindo a partir dos 60 DAP, principalmente devido à presença de espécies como *A. tenella* e *P. oleraceae*.

O uso de imazapic (140 g i.a. ha⁻¹), em pré-emergência da cultivar SP81-3250 plantada no sistema Plene[®], causou sintomas de injúria graves, que refletiram em prejuízos elevados na colheita. O herbicida também reduziu a altura das plantas em 33,6 cm, o número de perfilhos em 13, a massa seca de folhas + caule em 40,1 g e a massa seca de raiz em 96,9 g, todos em relação ao controle, aos 110 dias após a brotação (DAB) (Bertolino; Alves, 2014). No presente trabalho, o uso de imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) em MPB reduziu a altura das plantas em 90,8 cm, o número de perfilhos em 57,57, o peso de dez colmos em 5,05 g e a produtividade em 59,81 t ha⁻¹, todos em relação ao controle com capina aos 240 DAP.

Em cana-de-açúcar o imazapic é recomendado na dose de 105 a 245 g i.a. ha⁻¹, com a maior dose aos 30 a 45 dias antes do plantio, em pré ou pós-emergência das plantas daninhas. Já em cana-soca recomenda-se a menor dose em solos leves e 122,5 g i.a. ha⁻¹ em solo médio a pesado, devendo ser aplicado antes da emergência da cultura. Este herbicida atua no controle de diversas plantas daninhas que estavam presentes na área de estudo como: *A. tenella*, *E. indica*, *P. oleraceae*, *P. maximum* e *U. plantaginea*. Assim, como no controle de *C. rotundus* na dose de 133 g i.a. ha⁻¹ (solo médio) e 145 g i.a. ha⁻¹ (solo pesado) (Rodrigues; Almeida, 2018).

A seletividade do imazapic em soqueiras de cana-de-açúcar de segundo corte, da cultivar RB835089, pode ser evidenciada por Azania et al. (2001) que, mesmo tendo observado manchas cloróticas e estrias nas folhas no início do desenvolvimento da cultura, não verificaram

redução na altura e no número de colmos por metro, aos 90 e 180 dias após o tratamento (DAT), nas doses de 73,5; 98 e 122,5 g i.a. ha⁻¹. Manchas cloróticas também foram verificadas no presente trabalho quando aplicado o imazapic em pré-plantio, um dia antes do plantio, mas com forte prejuízo na produtividade aos 240 DAP.

O controle geral das plantas daninhas foi considerado “muito bom” (81 - 90%) até os 30 DAP, controle “bom” (71 - 80%) aos 45 DAP e “suficiente” (61 - 70%) aos 60 DAP para o imazapic. Para a espécie *C. rotundus*, o herbicida agiu, provavelmente, impedindo a germinação ou emergência da espécie. O controle eficaz do imazapic sobre essa planta daninha já foi comprovado por diversos autores. Simoni et al. (2006) observaram redução na massa seca da parte aérea e de bulbos basais na dose de 147 g i.a. ha⁻¹. Azania et al. (2006) verificaram menores porcentagens de cobertura do solo com *C. rotundus* até 60 DAA, quando utilizada a dose de 110 g i.a. ha⁻¹, além de constatar menor número e massa seca de tubérculos e menor viabilidade e massa seca da parte aérea em relação ao tratamento na ausência de herbicida.

Para o sulfentrazone foram observados sintomas de injúria de 37,5% (30 DAP) e de 20% (45 DAP), caracterizados como manchas de coloração vermelha nas folhas, que não foram mais visualizados a partir dos 60 DAP. Martins et al. (2009) verificaram manchas elípticas de coloração avermelhada no limbo das folhas. Sintomas de injúria também foram constatadas por Sabbag et al. (2017) em MPB das cultivares RB867515, RB855156, RB966928 e RB975201, quando o sulfentrazone foi aplicado na dose de 700 g i.a. ha⁻¹, aos 3 e 10 DAP.

A seletividade do sulfentrazone em MPB foi observada por Perez (2017), que verificou sintomas de injúria de 21,3% (15 DAA), 20% (30 DAA), 16,3% (60 DAA), 11,3% (90 DAA) e 5% (120 DAA), quando o herbicida foi aplicado um dia antes do plantio da cultivar CTC 11, na dose de 800 g i.a. ha⁻¹. Entretanto, foi considerado seletivo, pois não reduziu a altura das plantas, o número de perfilhos e a produtividade em relação ao controle sem herbicida. Na cultivar do presente estudo, não foram observadas injúrias a partir dos 60 DAP. A redução da produtividade e do número de perfilhos pode ser atribuída ao controle das plantas daninhas, que foi “bom” (71 - 80%) apenas até os 45 DAP.

O sulfentrazone é recomendado para controle de *C. rotundus* na dose de 800 g i.a. ha⁻¹, em pós-plantio ou pré-emergência. Para as espécies *U. decumbens*, *C. echinatus*, *D. horizontalis*, *P. maximum*, *U. plantaginea*, *E. indica*, *P. oleraceae*, *A. viridis*, *S. alata*, *S. glaziovii*, *R. brasiliensis*, *C. benghalensis*, *I. triloba* e *E. heterophylla* L., a recomendação é de 600 g i.a. ha⁻¹ (Rodrigues; Almeida, 2018). No presente estudo, o herbicida foi eficaz até os 45 DAP, a partir dos 60 DAP o controle reduziu até os 90 DAP, provavelmente devido à alta

infestação do banco de sementes, principalmente de monocotiledôneas como: *C. rotundus*, *D. ciliaris*, *P. maximum* e *C. echinatus*, além das eudicotiledôneas *A. tenella* e *P. oleraceae*.

A eficácia de controle do sulfentrazone é comprovada para várias espécies de plantas daninhas como: *I. hederifolia* L. e *I. quamoclit* L. (Correia et al., 2013), *E. heterophylla*, *I. nil* (L.) Roth, *I. hederifolia*, *I. quamoclit*, *I. triloba* e *M. aegyptia* (L.) Urb. (Azania et al., 2009), *M. cissoides* (Lam.) Hallier f., *I. triloba* e *I. quamoclit* (Campos et al., 2009), *C. rotundus* (Martins et al., 2009). Simoni et al. (2006) observaram redução no número de plantas, bulbos basais, massa seca de rizoma + raiz e na massa seca da parte aérea em relação ao controle sem aplicação, quando o sulfentrazone foi aplicado na dose de 800 g i.a. ha⁻¹ na ausência de palha.

O herbicida sulfentrazone é um dos mais utilizados para o controle de *C. rotundus* em canaviais. A dose recomendada de 800 g i.a. ha⁻¹ atingiu controle superior a 80% em 88 áreas de 100. Nas 12 áreas onde o controle foi inferior a 80%, os resultados são explicados pelas altas infestações das áreas (algumas com mais de 500 plantas m⁻²), ou ainda, pela utilização de doses inferiores a recomendada para o produto (Amstalden et al., 2008).

A eficácia do sulfentrazone até os 45 DAP, também pode ser explicada pela precipitação acumulada de 338,6 mm até esta avaliação. A absorção deste herbicida é realizada principalmente via radicular (Rodrigues; Almeida, 2018). As altas temperaturas e precipitação, podem ter contribuído para que o herbicida fosse lixiviado para camadas mais profundas do solo, nas quais não está concentrada a maior parte do banco de sementes de plantas daninhas, o que permitiu um novo fluxo de emergência antes que a cultura conseguisse fechar as entrelinhas.

Monquero et al. (2010) observaram que o efeito da lixiviação se elevou à medida que aumentou a quantidade de chuva. Em relação à persistência do sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), verificaram que até 45 DAA a precipitação acumulada foi de 174 mm, o que contribui com um controle de 80% do bioindicador. No presente estudo, a precipitação acumulada até a avaliação de 45 DAP foi de 338,6 mm, o que possivelmente reduziu a persistência do herbicida nos primeiros 10 cm de solo, diminuindo a absorção radicular do produto pelas plantas daninhas.

Para o imazapyr foi verificado que a aplicação um dia antes do plantio leva a morte da cultivar IACSP95-5000. Esse resultado já era esperado, uma vez que o herbicida é recomendado em pré ou pós-emergência das plantas daninhas, devendo-se esperar no mínimo 60 dias para o plantio da área, possuindo grande relevância para o controle de *C. rotundus* e *Cynodon dactylon* (L.) Pers. na dose de 375 a 500 g e.a. ha⁻¹ (Rodrigues; Almeida, 2018).

Em relação ao controle, o imazapyr foi o tratamento que por mais tempo manteve o controle “suficiente” (61 - 70%) das plantas daninhas, reduzindo o valor apenas na avaliação

de 90 DAP (57,5%). O imazapyr possui um amplo espectro de controle, que englobou as principais espécies presentes na área de estudo: *C. rotundus*, *A. tenella*, *B. subalternans*, *U. plantaginea*, *C. benghalensis*, *E. indica* e *P. maximum*.

O herbicida imazapyr propiciou controle de 93% e de 100% na espécie *D. ciliaris*, na dose de 125 g e.a. ha⁻¹, aos 14 e 21 DAA. O que não ocorreu para a *D. nuda* Schumach., no qual o controle foi de no máximo 45% aos 21 DAA (Dias et al., 2005). Para a espécie *I. triloba*, Monquero et al. (2009) observaram controle de 90,42% quando o imazapyr foi aplicado em pré-emergência (200 g e.a. ha⁻¹). No presente estudo, o máximo controle das espécies foi obtido aos 30 DAP (87%) e o mínimo aos 90 DAP (57,5%).

Não foram observados sintomas de injúria quando utilizados os herbicidas em pós-plantio. Chand et al. (2014) não verificaram sintomas de halosulfuron em cana-de-açúcar quando o herbicida foi aplicado aos 45 DAP, nas doses de 52,5, 60, 67,5, 70 e 150 g i.a. ha⁻¹, na cultivar CoH 151.

A alta infestação de plantas daninhas nos tratamentos de pós-plantio, fez as plantas competirem por luz. Esse fato pode ser observado pelas maiores alturas nestes tratamentos e no controle sem capina, aos 60 DAP, além da menor quantidade de perfilhos. Por ser uma planta de metabolismo C₄, a cana-de-açúcar necessita de grande quantidade de luz; a redução das condições de irradiação levam a colmos mais longos, finos e plantas com menor perfilhamento (Rodrigues, 1995). Assim, o perfilhamento da cana-de-açúcar será menor sob condições de baixa intensidade luminosa (Jadoski et al., 2010).

O controle de *C. rotundus* foi elevado quando utilizado o halosulfuron (45 DAP) nas doses de 60, 67,5, 75 e 150 g i.a. ha⁻¹, resultando em controle acima de 90% aos 60 DAA. Em contrapartida, o manejo mecânico com capina e o manejo químico contínuo com atrazine em pré-emergência (2.000 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.000 g e.a. ha⁻¹, aos 45 DAP) proporcionaram aumento do número de plantas m², uma vez que não foram eficazes no controle dessa espécie. Todavia, atrazine e 2,4-D foram eficazes no controle das outras monocotiledôneas e das eudicotiledôneas, enquanto que o halosulfuron não proporcionou grandes reduções na massa seca dessas espécies (Chand et al., 2014). No presente trabalho, constatou-se que o halosulfuron isoladamente não foi suficiente para manter a cana-de-açúcar livre da presença de plantas daninhas, principalmente das espécies de gramíneas, o que consequentemente reduziu a produtividade da cultura.

Durigan et al. (2004) constataram redução na produtividade de cana-de-açúcar nos manejos de *C. rotundus* com 2,4-D (1.675 g e.a. ha⁻¹) e MSMA (2.400 g i.a. ha⁻¹), em relação

ao controle com capina. O que não foi verificado quando utilizado os herbicidas sulfentrazone (700 g i.a. ha⁻¹), imazapic (105 g i.a. ha⁻¹) e halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹) que não reduziram a produtividade dos colmos. No presente trabalho, todos os tratamentos reduziram a produtividade da cultura, entretanto para sulfentrazone e halosulfuron os valores podem ser atribuídos ao menor controle das plantas daninhas ao final de 90 DAP. Já para o imazapic, pode ser atribuído aos danos graves provocados pelo herbicidas na MPB.

A aplicação de 110 g i.a. ha⁻¹ de imazapic em pré-emergência, para controle de *C. rotundus*, foi suficiente para manter a porcentagem de cobertura do solo inferior a 5% quando comparada com ao controle sem aplicação, aos 10 DAA. O uso do herbicida reduziu o número, a massa seca e a viabilidade de tubérculos, além de diminuir a massa seca da parte aérea das plantas de tiririca (Azania et al., 2006).

Durigan et al. (2005) avaliaram o uso de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), imazapic (105 g i.a. ha⁻¹) e flazasulfuron (150 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência e trifloxysulfuron + ametryn (1.500 g i.a. ha⁻¹), halosulfuron (105 g i.a. ha⁻¹) e flazasulfuron (150 g i.a. ha⁻¹), em pós-emergência no controle de tiririca. Com exceção do flazasulfuron, todos os herbicidas reduziram o número de manifestações epígeas m⁻² aos 125 DAP, quando comparados com o controle (sem aplicação). Todos os tratamentos também reduziram o número de tubérculos e, resultaram em maior número de tubérculos inviáveis. Em relação ao controle, até 65 DAP os herbicidas sulfentrazone e imazapic proporcionaram controles superiores a 90%.

O herbicida MSMA reduziu a altura de plantas da tiririca em uma aplicação em área total e em duas aplicações (uma em área total e uma sequencial em jato dirigido) em todas as doses utilizadas, quando comparado ao controle e ao tratamento de 2,4-D em área total, aos 30 e 60 DAA. Foi observado controle acima de 87,5% nos tratamentos com o uso do MSMA. Estes diferiram daquele que usou o 2,4-D (68,7%) aos 15 DAA. Já aos 30 DAA o controle de todos os tratamentos foi igual ao controle com capina, mas aos 60 DAA apenas os tratamentos com aplicação sequencial de MSMA estavam com controle superior a 97% (Foloni et al., 2008).

O manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar por meio do controle químico, é uma importante ferramenta que auxilia na manutenção da produtividade. Entretanto, deve ser aliado a outros métodos, priorizando o manejo integrado de plantas daninhas, principalmente quando as espécies forem de difícil controle.

3.5. Conclusões

Os herbicidas aplicados em pré-plantio propiciaram os melhores controles das plantas daninhas, entretanto o diclosulam, imazapic e imazapyr causaram sintomas de injúria graves nas MPB.

O sulfentrazone proporcionou a segunda maior produtividade, depois do controle com capina, mas com controle eficaz das plantas daninhas apenas até 45 DAP.

Os herbicidas aplicados em pós-plantio, não causaram injúrias às plantas, mas sozinhos, não foram eficazes em controlar as plantas daninhas, o que causou redução na produtividade.

Referências

- Amstalden, F.; Brusantin, L.V.; Dias, A.C.R.; Christoffoleti, P.J. Manejo químico de *Cyperus rotundus* e *Digitaria* spp. em áreas comerciais de produção de cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.5, n.2, p.102-110, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.3738/nucleus.v5i2.109>.
- Asociation Latinoamericana de Malezas [ALAM]. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas**. Bogotá, v.1, p.35-38, 1974.
- Azania, C.A.M.; Azania, A.A.P.M., Pavani, M.C.M.D.; Alves, P.L.C.A. *Cyperus rotundus* development influenced by the presence and absence of sugar-cane straw and herbicide. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.29-35, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000100004>.
- Azania, C.A.M.; Azania, A.A.P.M.; Pizzo, I.V.; Schiavetto, A.R.; Zera, F.S.; Marcari, M.A.; Santos, J.L. Chemical management of convolvulaceae and euphorbiaceae in sugarcane during dry season. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.841-848, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000400023>.
- Azania, C.A.M.; Casagrande, A.A.; Rolim, J.C. Imazapic selectivity to sugarcane ratoons (*Saccharum* spp.). **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.345-350, 2001. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582001000300006>.
- Bertolino, C.B.; Alves, P.L.C.A. Selectivity of herbicides for sugarcane Plene[®] system in pre and post-emergence. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.3, p.197-206, 2014. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i3.249>.
- Campos, L.H.F.; Francisco, M.O.; Carvalho, S.J.P.; Nicolai, M.; Christoffoleti, P.J. Susceptibility of *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* and *Merremia cissoides* to the herbicides

- sulfentrazone and amicarbazone. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.831-840, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000400022>.
- Chand, M.; Singh, S.; Bir, D.; Singh, N.; Kumar, V. Halosulfuron methyl: a new post emergence herbicide in India for effective control of *Cyperus rotundus* in sugarcane and its residual effects on the succeeding crops. **Sugar Tech**, v.16, n.1, p.67-74, 2014. doi: <https://doi.org/10.1007/s12355-013-0263-4>.
- Correia, N.M.; Camilo, E.H.; Santos, E.A. Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.165-174, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000100018>.
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000112015>.
- Dias, N.M.P.; Pereira, M.R.D.B; López-Ovejero, R.F.; Christoffoleti, P.J.; Barela, J.F.; Tornisielo, V.L. Population dynamics of *Digitaria* spp submitted to selection pressure by herbicides in sugarcane crop. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.40, n.1, p.21-28, 2005. doi: <https://doi.org/10.1081/PFC-200034200>.
- Durigan, J.C.; Correia, N.M.; Timossi, P.C. Developmental stages and contact and absorption of herbicides in the inviability of *Cyperus rotundus* tubers. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.621-626, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000400009>.
- Durigan, J.C.; Timossi, P.C.; Leite, G.J. Chemical control of *Cyperus rotundus*, with and without sugar cane straw cover. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.127-135, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100016>.
- European Weed Research Council [EWRC]. Report of the third and fourth meetings of the European Weed Research Council Committee on methods. **Weed Research**, v.4, n.1, p.79, 1964. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1964.tb00271.x>
- Ferreira, A.; Cristina, E.; Mendonca, C.G.D.; Montanari, R.; Possamai, S.; Cassia, A.; Mendonca, C.G.D. Geographical distribution of the weeds seed bank of under different managements of sugar cane in Rio Brilhante, MS. **Bioscience Journal**, v.29, p.1458-1468, 2013.
- Ferreira, E.A.; Procópio, S.O.; Galon, L.; Franca, A.C.; Concengo, G.; Silva, A.A.; Aspiazu, I.; Silva, A.F.; Tironi, S.P.; Rocha, P.R.R. Weed management in raw sugarcane. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.915-925, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000400025>.

- Foloni, L.L.; Christoffoleti, P.J.; Carvalho, S.J.P.; Nicolai, M. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) management program in sugarcane crop with isolated or sequential application of MSMA. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.883-892, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000400020>.
- Hijano, N. **Interferência de capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam + metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB**. 2016. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Jaboticabal, SP, Brasil, 2016.
- Instituto Agrônomo de Campinas [IAC]. 2018. **Programa Cana IAC**. Disponível em: <http://socicana.com.br/2.0/wp-content/uploads/2012-10-31-08-38-CatalogodeCultivarsIAC.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018.
- Jadoski, C.J.; Toppa, B.E.V.; Julianetti, A.; Hulsbof, T.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.169-176, 2010. doi: <https://doi.org/10.5777/paet.v3i2.1064>.
- Kuva, M.A.; Pitelli, R.A.; Salgado, T.P.; Alves, P.L.C.A. Phytosociology of weed community in no-burn sugar cane agroecosystems. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.501-511, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000300009>.
- Lorenzi, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p. 7ed. 2014.
- Lousada, L.L.; Freitas, S.P.; Marciano, C.R.; Esteves, B.S.; Muniz, R.A.; Siqueira, D.P. Correlation of soil properties with weed occurrence in sugarcane areas. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.765-775, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000400002>.
- Martins, D.; Tomazela, M.S.; David, D.V.; Martins, C.C. Purple nutsedge control with sulfentrazone and diclosulam and tubers viability in different soil depths. **Bragantia**, v.68, n.2, p.357-366, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200009>.
- Monquero, P.A.; Amaral, L.R.; Silva, A.C.; Binha, D.P.; Silva, P.V. Effectiveness of herbicides through different amounts of sugar-cane straw on the *Ipomoea grandifolia* control. **Bragantia**, v.68, n.2, p.367-372, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200010>.
- Monquero, P.A.; Silva, P.V.; Silva Hirata, A.C.; Tablas, D.C.; Orzari, I. Leaching and persistence of sulfentrazone and imazapic. **Planta daninha**, v.28, n.1, p.185-195, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000100022>.

- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. Aims and methods of vegetation ecology. New York: Wiley, 1974. 547p.
- Oliveira, A.R.; Freitas, S.P. Phyto-sociological survey of weed in sugarcane crop areas. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.33-46, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000100004>.
- Perez, L.L. **Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11**. 2017. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.
- Pimentel-Gomes F.; Garcia C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, Piracicaba, Brasil, 2002.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 697p. 6ed. 2011.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 764p. 7ed. 2018.
- Rodrigues, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, 1995. 99p.
- Sabbag, R.S.; Monquero, P.A.; Hirata, A.C.S.; Santos, P.H.V. Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.1, p.38-49, 2017. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i1.481>.
- Silva, B.P.; Almeida, R.O.; Salgado, T.P.; Alves, P.L.C.A. Efficacy of imazapic, halosulfuron and sulfentrazone for *Cyperus rotundus* L. control in response to weed tuber density. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.47, p.3458-3464, 2014. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.8411>.
- Simoni, F.; Victoria Filho, R.; San Martin, H.A.M.; Salvador, F.L.; Alves, A.S.R.; Bremer Neto, H. Efficacy of imazapic and sulfentrazone applied on *Cyperus rotundus* under different rain and sugarcane straw conditions. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.769-778, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000400018>.
- Takano, H.K.; Biffe, D.F.; Constantin, J.; Oliveira Junior, R.S.; Braz, G.B.P.; Gemelli, A. Dry season and soil texture affect the chemical control of monocotyledonous in sugarcane. **Comunicata Scientiae**, v.8, n.3, p.477-485, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.14295/CS.v8i3.1594>.

4. CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS PRÉ-BROTADAS (MPB) DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

RESUMO

A seletividade de herbicidas, seja por posicionamento ou metabolização, em cana-de-açúcar já é conhecida, entretanto em mudas pré-brotadas (MPB) pode haver alteração devido a planta já chegar ao campo com raízes e parte aérea desenvolvidas. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento inicial de MPB após a aplicação de herbicidas em pré e pós-plantio. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. Foi utilizada a cultivar IACSP95-5000. Os tratamentos corresponderam aos herbicidas aplicados, no mesmo dia do plantio, em cinco doses, em pré-plantio: sulfentrazone (200; 400; 800; 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (48,3; 96,6; 193,17; 386,34 e 772,68 g i.a. ha⁻¹), imazapic (33,25; 66,5; 133; 266 e 532 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (125; 250; 500; 1.000 e 2.000 g e.a. ha⁻¹), em pós-plantio: ethoxysulfuron (33,75; 67,5; 135; 270 e 540 g i.a. ha⁻¹), halosulfuron (28,125; 56,25; 112,5; 225 e 450 g i.a. ha⁻¹), 2,4-D (335; 670; 1.340; 2.680 e 5.360 g e.a. ha⁻¹) e MSMA (493,75; 987,5; 1.975; 3.950 e 7.900 g i.a. ha⁻¹), mais um tratamento controle sem aplicação de herbicidas. Foram realizadas avaliações de sintomas de injúria aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a aplicação (DAA), altura, diâmetro, número de perfilhos, clorofila A, B e total aos 30, 60 e 90 DAA, área foliar, massa seca da parte aérea e de raiz aos 90 DAA. Os herbicidas em pós-plantio não causaram sintomas de injúrias. Os herbicidas aplicados em pré-plantio reduziram as variáveis avaliadas aos 90 DAA, que foram observadas pela regressão linear para diclosulam e imazapic, e regressão exponencial para imazapyr. Os tratamentos com sulfentrazone causaram poucos sintomas de injúria com posterior recuperação, além disso, todas as variáveis analisadas foram iguais ao controle.

Palavras-chave: Herbicidas; *Saccharum* spp.; Sintomas de injúria; Seletividade

ABSTRACT

Selectivity of herbicides by positioning in sugarcane is already known; however, in pre-sprouted seedlings (PSS) of sugarcane can occur changes due to the plant already arriving at the field with developed roots and shoots. The aim of this study was evaluate the selectivity of herbicides applied in pre and post-planting of PSSs. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, with nine treatments and four replications. The cultivars IACSP95-5000 was used. The treatments corresponded to the herbicides applied in five doses, in pre-planting: sulfentrazone (200; 400; 800; 1,600 and 3,200 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (48.3; 96.6; 193.17; 386.34 and 772.68 g a.i. ha⁻¹), imazapic (33.25; 66.5; 133; 266 and 532 g a.i. ha⁻¹) and imazapyr (125; 250; 500; 1,000 and 2,000 g a.e. ha⁻¹), post-planting: ethoxysulfuron (33.75; 67.5; 135; 270 and 540 g a.i. ha⁻¹),

halosulfuron (28.125; 56.25; 112.5; 225 and 450 g a.i. ha⁻¹), 2,4-D (335; 670; 1,340; 2,680 and 5,360 g a.e. ha⁻¹) and MSMA (493.75; 987.5; 1,975; 3,950 and 7,900 g a.i. ha⁻¹), plus a control treatment without herbicide application. Evaluations of injury symptoms were performed at 7, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after application (DAA); height, diameter, number of tillers, chlorophyll A, B and total at 30, 60 and 90 DAA, and leaf area, root and shoot dry mass at 90 DAA. Post-planting herbicides were considered selective. Pre-planting herbicides reduced the variables evaluated at 90 DAA, which were observed by linear regression for diclosulam and imazapic, and exponential regression for imazapyr. The treatments with sulfentrazone showed few symptoms of injury with later recovery. In addition, all variables analyzed were equal to the control, considering the herbicide selective to the cultivar IACSP95-5000.

Keywords: Herbicides; *Saccharum* spp.; Symptoms of injury; Selectivity

4.1. Introdução

A cana-de-açúcar está entre as culturas de maior interesse econômico no Brasil, com estimativa de área de 8.729,5 mil ha e produtividade de 72,543 t ha⁻¹, na safra 2017/18 (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2018). Para a manter ou elevar a produção, o uso de mudas pré-brotadas (MPB) para o plantio é uma tecnologia que vem auxiliando produtores, pois garante a homogeneidade, sanidade vegetal e redução dos custos (Landell et al., 2012).

Com o uso do sistema MPB foi estabelecido um novo cenário de plantio da cultura, o que exige novos estudos, principalmente quanto a seletividade de herbicidas (Gírio et al., 2015), uma vez que, agora, as plantas chegam ao campo com raiz e parte aérea, o que pode reduzir a já conhecida seletividade por posicionamento do produto (Dias et al., 2017). Assim como, a seletividade através da desativação metabólica, como no caso das sulfoniluréias (Carey et al., 1997) e das imidazolinonas (Shaner et al., 1991).

Os estudos de seletividade estão sendo desenvolvidos por diversos pesquisadores com o objetivo de posicionar corretamente os herbicidas. Sabbag et al. (2017) avaliaram os herbicidas ametryn, clomazone, hexazinone + diuron, metribuzin, sulfentrazone e tebuthiuron, isolados e em associação com saflufenacil aos 3 e 10 dias após o plantio (DAP) nas cultivares RB867515, RB855156, RB966928 e RB975201. Os autores concluíram que as cultivares tiveram tolerância diferencial aos herbicidas e às épocas em que foram aplicados, o que ressalta a importância de estudos aprofundados.

O uso de tebuthiuron em pós-emergência inicial (POSi) + ametryn em pós-emergência tardia (POSt), diuron + hexazinone POSi + ametryn POSt, sulfentrazone POSi + ametryn POSt, diuron + hexazinone POSi + metribuzin POSt, sulfentrazone POSi + metribuzin POSt, imazapyr em pré-plantio incorporado (PPI), imazapyr PPI + ametryn POSt, imazapyr PPI + metribuzin POSt; imazapyr PPI + tebuthiuron POSi, imazapyr PPI + (diuron + hexazinone) POSi, imazapyr PPI + sulfentrazone POSi, foram seletivos às famílias F400, F43 e F14 (Silva et al., 2018).

Perez (2017) estudou a seletividade de clomazone e sulfentrazone em MPB, cultivar CTC 11. Aos 120 dias após a aplicação (DAA) foram observados sintomas de injúria de 5,5% para sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), com menores valores de altura para as doses de 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹. Entretanto, não foram observadas diferenças para número de perfilhos e índice SPAD. Para o herbicida clomazone foi observado sintomas de injúria de 10% (1.080 g i.a. ha⁻¹) aos 120 DAA, mas não houve diferença para as variáveis altura, número de perfilhos e índice SPAD. Concluiu-se que os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1.080 g i.a. ha⁻¹) foram seletivos a cultivar CTC 11 quando aplicados um dia antes do plantio.

Assim, devido às diferentes respostas em relação à tolerância diferencial das cultivares de cana-de-açúcar, faz-se necessário mais estudos em relação ao posicionamento de herbicidas em pré e pós-plantio. Galon et al. (2010) estudaram a seletividade dos herbicidas ametryn (2.000 g i.a. ha⁻¹), tryfloxysulfuron (22,5 g i.a. ha⁻¹) e da mistura formulada comercialmente ametryn + trifloxysulfuron (1.463 + 37 g i.a. ha⁻¹), nas cultivares RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB867515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816, e concluíram que a seletividade é dependente das características de cada cultivar.

Dentre as espécies de difícil controle em cana-de-açúcar está a planta daninha *Cyperus rotundus* L. Essa espécie pertence à família Cyperaceae e tem a reprodução quase que exclusivamente via tubérculos (Lorenzi, 2014). Além disso, os tubérculos apresentam níveis diferentes de dormência o que prejudica o controle por capinas e herbicidas (Baloch et al., 2015). Para o manejo desta planta daninha em cana-de-açúcar há recomendação para os herbicidas sulfentrazone, diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA, 2,4-D e glyphosate (Rodrigues; Almeida, 2011; Rodrigues; Almeida, 2018). Entretanto, essas recomendações são para o manejo de plantas daninhas em plantio convencional, o que ressalta a importância de posicionar estes produtos para o uso em MPB.

O objetivo do estudo foi avaliar o crescimento inicial de MPB de cana-de-açúcar, após a aplicação de herbicidas, em pré ou pós-plantio, da cultivar IACSP95-5000.

4.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba – SP (22°42'47,8" S, 47°37'14,6" W, altitude: 547 m). Os resultados da análise química e física do solo estão apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como de Textura Argilosa.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

P (Resina) mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	m
15	34	5,5	3,7	29	9	0,02	16	41,7	57,5	72	0
Areia			Silte			Argila					
317 g kg ⁻¹			273 g kg ⁻¹			410 g kg ⁻¹					

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições, com unidade experimental constituída por vasos plásticos de cinco litros, preenchidos com solo peneirado. Foram utilizadas MPB de cana-de-açúcar da cultivar IACSP95-5000, plantadas no centro do vaso.

A cultivar IACSP95-5000 (SP84-2066 x SP80-185) possui porte ereto, ótima performance no plantio em colheita mecanizada, alto teor de sacarose, ótima brotação de soqueira sob palha, bom perfilhamento e fechamento de entrelinhas, indicada para ambientes médios - favoráveis (A1 - C2), adaptada praticamente a todas as regiões de cultivo da região Centro-Sul do Brasil, possibilidades de colheita de junho a outubro, não apresentando tombamento e florescimento, e ainda apresentando resistência as principais doenças (Instituto Agrônomo de Campinas [IAC], 2018).

Os tratamentos corresponderam aos herbicidas aplicados em cinco doses definidas a partir da dose recomendada em bula para o controle de *C. rotundus*, em pré-plantio: sulfentrazone (Boral® 500 SC, 200; 400; 800; 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹, SC, FMC), diclosulam (Coact®, 48,3; 96,6; 193,17; 386,34 e 772,68 g i.a. ha⁻¹, WG, Dow AgroSciences), imazapic (Plateau®, 33,25; 66,5; 133; 266 e 532 g i.a. ha⁻¹, WG, Basf) e imazapyr (Contain®, 125; 250; 500; 1.000 e 2.000 g e.a. ha⁻¹, SL, Basf). E em pós-plantio: ethoxysulfuron (Gladium®, 33,75; 67,5; 135; 270 e 540 g i.a. ha⁻¹, WG, Bayer), halosulfuron (Sempra®, 28,125; 56,25; 112,5; 225 e 450 g i.a. ha⁻¹, WG, Arysta Lifescience), 2,4-D (DMA® 806 BR, 335; 670; 1.340; 2.680 e 5.360 g e.a. ha⁻¹, SL, Dow AgroSciences) e MSMA (Volcane®, 493,75; 987,5; 1.975; 3.950 e

7.900 g i.a. ha⁻¹, SL, Luxembourg Brasil). Além de um tratamento controle sem aplicação de herbicida.

A aplicação dos tratamentos foi realizada em câmara de pulverização experimental para herbicidas, acionada por motor elétrico, com pressão constante de 40 Psi, equipada com ponta de pulverização tipo leque jato plano modelo Teejet® XR80.02, posicionada a 50 cm de altura do alvo, propiciando um volume de calda de 200 L ha⁻¹. Os herbicidas em pré-plantio foram aplicados antes do plantio das MPB. Já os de pós-plantio, logo após o plantio das MPB.

Foram avaliados os sintomas de injúria nas plantas aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA, mediante avaliações visuais em que foram atribuídas notas percentuais que variaram de 0 a 100% a cada unidade experimental (onde 0, representa ausência de injúrias, e 100%, morte das plantas), considerando-se neste caso sintomas significativamente visíveis nas plantas (European Weed Research Council [EWRC], 1964).

Aos 30, 60 e 90 DAA foram avaliados a altura com auxílio de régua graduada, medindo-se o comprimento do perfilho principal da superfície do solo até a última folha expandida, com resultados expressos em centímetros; diâmetro do colmo a cinco centímetros do solo com paquímetro digital e resultados expressos em milímetros; número de folhas completamente expandidas e número de perfilhos. O teor de clorofila foi mensurado com o aparelho ClorofiLOG® CFL 1030, na folha +1, sendo quantificadas a clorofila A, B e total, com a unidade expressa como índice de clorofila falker (ICF) de forma adimensional (Barbieri Junior et al., 2012).

Na última avaliação (90 DAA), foram realizadas além das variáveis anteriores, a área foliar total (cm²) com aparelho LiCor, LI 3000^a. Nesta última avaliação as partes aéreas das plantas de cana-de-açúcar foram cortadas rente à superfície do solo e separadas das raízes, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 65 °C para determinação da massa seca da parte aérea e massa seca de raiz em gramas.

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste F ($p < 0,05$), e quando significativos, as médias foram comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002). Para os dados da avaliação de 90 DAA foi realizada a análise de regressão, a 5% de probabilidade. Enquanto que, os sintomas de injúria na cultura foram analisados de forma descritiva.

Para as variáveis altura, diâmetro, número de folhas e perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes dos tratamentos em que foram aplicados as doses recomendadas para o controle de *C. rotundus*: 800 g i.a. ha⁻¹ (sulfentrazone), 193,17 g

i.a. ha⁻¹ (diclosulam), 133 g i.a. ha⁻¹ (imazapic), 500 g e.a. ha⁻¹ (imazapyr), 112,5 g i.a. ha⁻¹ (halosulfuron), 135 g i.a. ha⁻¹ (ethoxysulfuron), 1.975 g i.a. ha⁻¹ (MSMA) e 1.340 g e.a. ha⁻¹ (2,4-D), as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

4.3. Resultados

As avaliações visuais de sintomas de injúria nas plantas de cana-de-açúcar para o herbicida sulfentrazone, não evidenciaram danos nas doses de 200 e 400 g i.a. ha⁻¹, assim como nas doses de 800 e 1.600 g i.a. ha⁻¹ a partir dos 30 DAA e após os 45 DAA para a maior dose (3.200 g i.a. ha⁻¹) (Tabela 2).

A partir dos 15 DAA não foram observados sintomas de injúria para o herbicida diclosulam (48,3 g i.a. ha⁻¹) e, a partir dos 30 DAA (96,6 e 193,2 g i.a. ha⁻¹). Já na dose de 386,4 g i.a. ha⁻¹ os sintomas foram classificados como pequenas alterações visíveis em algumas plantas, durante todas as avaliações. Para aplicação de quatro vezes a dose (772,8 g i.a. ha⁻¹), foi verificado evolução na injúria, atingindo o máximo aos 45 DAA (61,25%), com visível redução no porte das plantas (Tabela 2).

Para o herbicida imazapic a ausência de injúria na dose de 33,25 g i.a. ha⁻¹ ocorreu aos 30 DAA, e a partir dos 45 DAA nas doses de 66,5 e 133 g i.a. ha⁻¹. Os sintomas mais pronunciados foram observados no tratamento de 532 g i.a. ha⁻¹, no qual aos 30 DAA (60%) as plantas demonstraram necroses, evoluindo aos 60 DAA (90%) para danos graves, reduzindo intensamente a área foliar, com 92% de sintomas de injúria aos 90 DAA (Tabela 2).

Para a aplicação de imazapyr, os tratamentos demonstraram a necessidade do intervalo entre a aplicação do herbicida e o plantio da MPB de cana-de-açúcar. Os sintomas visuais de injúria foram verificados em todas as doses testadas, resultando em morte das plantas a partir dos 75 DAA para os tratamentos de 500, 1.000 e 2.000 g e.a. ha⁻¹. Para as doses de 125 e 250 g e.a. ha⁻¹ não foi observada a morte das plantas, entretanto verificou-se forte descoloração das folhas (42,5%) e elevada destruição do limbo foliar (77%), respectivamente (Tabela 2).

Para os tratamentos com herbicidas em pós-plantio não foram observadas injúrias graves, apenas leves clorose em algumas plantas. A ausência de sintomas, em todas as doses testadas, foi verificada a partir dos 30 DAA para o halosulfuron, MSMA e 2,4-D, e após os 45 DAA para o ethoxysulfuron (Tabela 3). Os sintomas observados para a aplicação do herbicida MSMA foram clorose seguida de necrose na borda do limbo foliar.

Tabela 2. Sintomas de injúria (%) em MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA, em pré-plantio. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Herbicidas	Dose	Sintomas de injúria (DAA)						
		7	15	30	45	60	75	90
sulfentrazone	200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	800	5,50	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.600	11,25	15,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3.200	11,25	16,25	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
diclosulam	48,3	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	96,6	2,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	193,2	2,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	386,4	6,00	5,00	3,75	6,25	10,00	12,50	17,50
	772,8	4,50	27,50	47,5	61,25	30,75	38,75	47,50
imazapic	33,25	1,50	3,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	66,5	1,25	3,75	3,75	0,00	0,00	0,00	0,00
	133	0,75	3,75	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	266	0,00	3,75	20,00	40,00	25,75	26,25	30,00
	532	4,75	10,00	60,00	85,00	90,00	87,50	92,00
imazapyr	125	0,00	27,50	46,25	57,50	43,75	42,50	42,50
	250	0,00	2,50	21,25	68,75	76,75	75,75	77,00
	500	4,50	5,00	30,00	87,50	96,00	100,00	100,00
	1.000	8,00	11,25	78,75	94,00	98,50	100,00	100,00
	2.000	13,75	16,25	81,25	92,50	97,50	100,00	100,00
controle	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Doses em g i.a. ha⁻¹ para sulfentrazone, diclosulam e imazapic; e em g e.a. ha⁻¹ para imazapyr; DAA: dias após a aplicação.

Tabela 3. Sintomas de injúria (%) em MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA, em pós-plantio. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Herbicidas	Dose	Sintomas de injúria (DAA)						
		7	15	30	45	60	75	90
halosulfuron	28,125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	56,25	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	112,5	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	225	1,25	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	450	2,25	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ethoxysulfuron	33,75	3,25	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	67,5	2,75	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	135	5,50	3,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	270	6,75	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	540	3,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MSMA	493,75	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	987,5	6,25	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.975	9,25	3,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3.950	12,25	13,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7.900	13,75	8,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4-D	335	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	670	3,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.340	3,25	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2.680	3,00	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.360	3,75	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Controle	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D; DAA: dias após a aplicação.

A análise de variância para a dose recomendada dos herbicidas indicou diferença para as variáveis altura, diâmetro, número de folhas, número de perfilhos, clorofila A, B e total aos 30 DAA. Para todas as variáveis analisadas, os menores valores foram verificados quando aplicado o herbicida imazapyr. Quanto ao diâmetro e número de perfilhos foi observada diferença apenas entre os tratamentos com halosulfuron e imazapyr (Tabela 4).

Tabela 4. Altura, diâmetro do colmo, número de folhas e número de perfilhos de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 30 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Altura (cm) *	Diâmetro (mm) *	Folhas *	Perfilhos *
controle	-	11,48 a	4,68 ab	6,13 a	1,50 ab
sulfentrazone	800	13,50 a	5,50 ab	6,50 a	1,00 ab
diclosulam	193,2	11,00 a	4,63 ab	6,00 a	0,25 ab
imazapic	133	10,88 a	5,63 ab	7,50 a	0,75 ab
imazapyr	500	2,63 b	3,50 b	3,00 b	0,00 b
halosulfuron	112,5	13,75 a	7,13 a	6,50 a	2,25 a
ethoxysulfuron	135	12,50 a	5,13 ab	6,50 a	0,50 ab
MSMA	1.975	11,50 a	6,25 ab	6,50 a	0,50 ab
2,4-D	1.340	12,75 a	6,37 ab	6,75 a	0,75 ab
Média		11,11	5,42	6,15	0,83
DMS		5,19	3,52	1,70	2,04
CV (%)		19,66	27,30	11,68	22,95

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

Quanto aos valores de clorofila A, clorofila B e clorofila total, foram observadas diferenças entre os ethoxysulfuron (com os maiores valores), imazapic (valores intermediários) e o imazapyr (menores valores). Entretanto, apenas o herbicida imazapyr reduziu o índice de clorofila em relação ao controle sem aplicação (Tabela 5).

Tabela 5. Clorofila A, clorofila B e clorofila total de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 30 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Clorofila A *	Clorofila B *	Clorofila total *
controle	-	26,57 abc	9,40 a	35,97 ab
sulfentrazone	800	27,63 ab	9,73 a	37,35 ab
diclosulam	193,2	24,38 bc	8,25 a	32,63 ab
imazapic	133	21,90 c	6,85 ab	28,75 b
imazapyr	500	14,33 d	3,03 b	17,35 c
halosulfuron	112,5	28,05 ab	6,53 ab	34,58 ab
ethoxysulfuron	135	30,93 a	10,33 a	41,25 a
MSMA	1.975	27,33 abc	8,90 a	36,23 ab
2,4-D	1.340	28,43 ab	7,60 ab	36,02 ab
Média		25,50	7,84	33,34
DMS		5,53	5,14	9,01
CV (%)		9,12	27,57	11,35

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

Na avaliação de 60 DAA, as variáveis altura e número de folhas continuaram inferiores quando utilizado o herbicida imazapyr em relação aos demais tratamentos. Para o diâmetro também foi observado valores menores para o imazapyr, mas diferindo apenas dos tratamentos diclosulam, imazapic, ethoxysulfuron e do controle. Para o número de perfilhos aos 60 DAA, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Altura, diâmetro do colmo, número de folhas e número de perfilhos de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 60 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Altura (cm) *	Diâmetro (mm) *	Folhas *	Perfilhos ^{ns}
controle	-	18,80 a	11,35 a	6,00 a	3,00
sulfentrazone	800	21,38 a	10,10 ab	5,75 a	1,50
diclosulam	193,2	20,13 a	10,55 a	7,00 a	1,25
imazapic	133	19,38 a	10,98 a	6,25 a	2,25
imazapyr	500	2,38 b	6,05 b	1,50 b	0,00
halosulfuron	112,5	20,13 a	10,25 ab	5,75 a	2,75
ethoxysulfuron	135	18,75 a	10,98 a	6,00 a	1,25
MSMA	1.975	19,38 a	9,53 ab	6,75 a	2,00
2,4-D	1.340	21,63 a	10,20 ab	6,00 a	2,25
Média		17,99	9,99	5,67	1,80
DMS		7,37	4,30	1,83	3,38
CV (%)		17,22	18,09	13,58	26,19

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; ns: não significativo; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

Quanto a clorofila A, B e total aos 60 DAA, apenas a aplicação de imazapyr reduziu os valores em relação aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Clorofila A, clorofila B e clorofila total de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 60 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Clorofila A *	Clorofila B *	Clorofila total *
controle	-	28,525 a	8,925 a	37,450 a
sulfentrazone	800	25,875 a	8,675 a	34,550 a
diclosulam	193,2	30,725 a	8,375 a	39,100 a
imazapic	133	28,050 a	8,000 a	36,050 a
imazapyr	500	16,225 b	3,025 b	19,250 b
halosulfuron	112,5	27,675 a	7,500 a	35,175 a
ethoxysulfuron	135	25,150 a	8,700 a	33,850 a
MSMA	1.975	29,450 a	10,475 a	39,925 a
2,4-D	1.340	30,450 a	11,125 a	41,575 a
Média		26,90	8,31	35,21
DMS		7,91	3,99	10,54
CV (%)		12,36	20,21	12,58

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

A análise de variância para as variáveis altura, diâmetro, número de folhas e número de perfilhos, aos 90 DAA, demonstrou diferença estatística para todas as avaliações. Para altura, diâmetro e número de folhas, a aplicação do herbicida imazapyr em pré-plantio resultou nos

menores valores quando comparado aos demais tratamentos. Já para o número de perfilhos, o imazapyr foi diferente estatisticamente do imazapic, halosulfuron, 2,4-D e do controle, estes obtiveram maior número de perfilhos, enquanto que para o imazapyr não foram observados perfilhos (Tabela 8).

Tabela 8. Altura, diâmetro do colmo, número de folhas e número de perfilhos de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Altura (cm) *	Diâmetro (mm) *	Folhas *	Perfilhos *
controle	-	34,88 a	12,97 a	8,00 a	4,25 a
sulfentrazone	800	41,25 a	16,00 a	7,25 a	3,75 ab
diclosulam	193,2	35,88 a	14,38 a	8,25 a	3,75 ab
imazapic	133	35,00 a	13,15 a	7,75 a	4,25 a
imazapyr	500	0,38 b	0,60 b	0,25 b	0,00 b
halosulfuron	112,5	38,50 a	12,80 a	8,25 a	4,25 a
ethoxysulfuron	135	39,50 a	14,55 a	7,50 a	3,00 ab
MSMA	1.975	38,00 a	13,95 a	8,25 a	3,50 ab
2,4-D	1.340	41,00 a	15,18 a	8,50 a	4,50 a
Média		33,82	12,62	7,11	3,47
DMS		18,89	6,31	2,44	3,87
CV (%)		23,48	21,04	14,45	17,67

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

Já, quanto a clorofila A, clorofila B e clorofila total aos 90 DAA, os resultados seguiram o mesmo padrão do observado aos 60 DAA, no qual a aplicação de imazapyr reduziu os índices de clorofila em relação aos demais tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9. Clorofila A, clorofila B e clorofila total de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	Clorofila A *	Clorofila B *	Clorofila total *
controle	-	35,750 a	18,225 a	53,975 a
sulfentrazone	800	33,925 a	16,350 a	50,275 a
diclosulam	193,2	32,225 a	13,625 a	45,850 a
imazapic	133	35,675 a	16,375 a	52,050 a
imazapyr	500	2,950 b	1,175 b	4,125 b
halosulfuron	112,5	36,125 a	17,425 a	53,550 a
ethoxysulfuron	135	35,275 a	14,500 a	49,775 a
MSMA	1.975	31,800 a	12,775 a	44,575 a
2,4-D	1.340	34,850 a	15,900 a	50,750 a
Média		30,952	14,038	44,991
DMS		15,416	9,011	23,511
CV (%)		20,93	26,97	21,96

* médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

A dose comercial do herbicida imazapyr, aos 90 DAA, resultou em morte das plantas de cana-de-açúcar. Esse fato já era esperado, uma vez que o produto é recomendado para

aplicação 90 dias antes do plantio convencional da cultura, e considerando que as mudas já chegam ao campo com raiz, esta ficou na camada de atuação do herbicida.

Assim, a análise de variância para área foliar foi significativa, diferindo entre si os tratamentos halosulfuron, com os maiores valores (2.947,86 cm²), sulfentrazone, diclosulam e ethoxysulfuron, com valores intermediários (1.850,225; 1.791,015 e 1.595,437 cm², respectivamente) e, com o menor valor o imazapyr (0 cm²) (Tabela 10).

Entretanto, para a massa seca da parte aérea e das raízes, apenas o imazapyr diferiu dos demais herbicidas, e todos esses foram iguais estatisticamente ao controle, o que pode evidenciar uma maior tolerância da cultivar IACSP95-5000 a estes produtos, na modalidade empregada (Tabela 10).

Tabela 10. Área foliar, massa seca da parte aérea e das raízes de MPB de cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, aos 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Tratamentos	Doses ¹	AF (cm ²) *	MSPA (g) *	MSR (g) *
controle	-	2.164,830 ab	47,300 a	34,90 a
sulfentrazone	800	1.850,225 b	45,610 a	46,38 a
diclosulam	193,2	1.791,015 b	46,207 a	34,62 a
imazapic	133	2.225,350 ab	39,407 a	44,18 a
imazapyr	500	0,000 c	0,000 b	2,56 b
halosulfuron	112,5	2.947,860 a	38,137 a	56,54 a
ethoxysulfuron	135	1.595,437 b	43,592 a	43,55 a
MSMA	1.975	2.063,890 ab	51,840 a	32,73 a
2,4-D	1.340	2.519,860 ab	52,535 a	41,52 a
Média		1.906,43	40,514	37,44
DMS		1.069,10	26,795	28,43
CV (%)		23,56	27,79	15,36

AF: área foliar; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca de raiz; * médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DMS: diferença mínima significativa; CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação. ¹ Doses em g i.a. ha⁻¹ para halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA; e em g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D.

A análise dos dados permitiu inferir diferenças entre as doses aplicadas de diclosulam, imazapic e imazapyr para todas as variáveis analisadas aos 90 DAA. Para sulfentrazone, 2,4-D, ethoxysulfuron, halosulfuron e MSMA, a análise dos dados não demonstrou diferenças entre as doses aplicadas (Tabela 11).

Os resultados evidenciaram que com o incremento da dose dos herbicidas diclosulam (Figura 1), imazapic (Figura 2) e imazapyr (Figura 3), houve redução em altura, diâmetro, número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes.

Tabela 11. Teste F para as variáveis altura (cm), diâmetro (mm), número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar (cm²), massa seca da parte aérea e de raiz (g) das MPB de cana-de-açúcar, aos 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Fonte	Altura	Diâmetro	Perfilho	CloA	CloB	CloT	AF	MSPA	MSR
Doses sulfentrazone									
F	0,68 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Média	37,77	15,56	4,13	33,60	16,67	50,27	1965,10	41,99	43,20
CV (%)	20,60	16,43	35,86	10,92	19,42	11,90	25,84	25,73	38,43
Doses diclosulam									
F	24,35**	14,63**	23,18**	7,91*	5,06*	7,12*	46,44**	30,29**	22,62**
Média	31,50	12,94	2,79	31,53	14,52	46,05	1499,91	33,95	30,80
CV (%)	28,16	25,18	37,67	27,33	39,09	30,13	28,34	36,47	40,86
Doses imazapic									
F	44,99**	54,69**	7,29*	19,30**	34,07**	26,13**	51,01**	85,55**	48,18**
Média	27,98	11,35	3,50	31,50	14,03	45,53	1769,60	31,11	32,17
CV (%)	28,35	24,50	57,83	24,95	28,09	24,72	31,15	26,08	32,11
Doses imazapyr									
F	13,94**	17,00**	10,71**	14,67**	12,55**	14,15**	11,72**	12,00**	8,09**
Média	10,90	4,38	2,04	12,44	5,73	18,17	738,44	13,84	14,88
CV (%)	107,74	94,85	115,83	101,44	111,41	103,80	118,06	119,23	125,61
Doses halosulfuron									
F	1,66 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,18 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Média	39,52	14,55	4,33	35,18	15,42	50,60	2153,75	44,93	57,95
CV (%)	18,46	18,23	39,63	6,42	22,39	10,33	29,10	30,05	35,84
Doses ethoxysulfuron									
F	0,00 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,57 ^{ns}	2,77 ^{ns}	2,63 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Média	38,90	14,45	3,54	35,50	16,70	52,20	2028,07	53,88	42,80
CV (%)	17,59	15,24	35,92	8,30	18,84	10,91	21,41	23,90	25,64
Doses MSMA									
F	3,81 ^{ns}	1,91 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,168 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Média	37,81	13,86	3,58	33,98	14,68	48,66	2240,58	47,57	38,61
CV (%)	19,21	17,52	33,03	12,85	25,66	16,06	18,31	26,54	45,17
Doses 2,4-D									
F	1,71 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	4,92*	0,48 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Média	40,69	15,23	4,25	35,30	15,88	51,18	2428,58	53,96	42,93
CV (%)	20,67	15,59	31,92	8,76	19,68	11,58	15,52	23,94	40,55

CloA: clorofila A; CloB: clorofila B; CloT: clorofila total; AF: área foliar; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca de raiz; ns: não significativo; *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); CV (%): coeficiente de variação; DAA: dias após a aplicação.

Figura 1. Avaliações de altura (cm), diâmetro (mm), número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar (cm²), massa seca da parte aérea e de raiz (g), em modelo de regressão linear, aos 90 DAA, para a cultivar IACSP95-5000, para aplicação das doses do herbicida diclosulam. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Figura 2. Avaliações de altura (cm), diâmetro (mm), número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar (cm²), massa seca da parte aérea e de raiz (g), em modelo de regressão linear, aos 90 DAA, para a cultivar IACSP95-5000, para aplicação das doses do herbicida imazapic. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Figura 3. Avaliações de altura (cm), diâmetro (mm), número de perfilhos, clorofila A, B e total, área foliar (cm²), massa seca da parte aérea e de raiz (g), em modelo exponencial, aos 90 DAA, para a cultivar IACSP95-5000, para aplicação das doses do herbicida imazapyr. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

4.4. Discussão

O herbicida diclosulam ($200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi o menos seletivo às cultivares CTC 14, CTC 7 e RB966928, aos 63 DAA, isso porque, reduziu a massa seca da parte aérea e das raízes de MPB de cana-de-açúcar. Assim como, o herbicida sulfentrazone ($800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) também foi inferior ao controle sem aplicação em relação à massa seca de raízes (Dias et al., 2017). No presente trabalho, as doses de $800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de sulfentrazone e $193,17 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de diclosulam, não reduziram a massa seca da parte aérea da cultivar IACSP95-5000. Entretanto, para o diclosulam houve redução da massa seca com o incremento da dose.

A clorofila B das cultivares RB855156, RB855453 e IACSP95-5000 foi menor quando aplicado o herbicida clomazone ($1.200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) 30 dias após o plantio da cana-de-açúcar. Já, quando utilizado de forma associada clomazone + ametryn ($1.000 \text{ g i.a. ha}^{-1} + 1.500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), a cultivar mais afetada foi a RB855156 (Arantes et al., 2013). Neste trabalho, a variável clorofila B apenas foi afetada quando utilizado o imazapyr ($500 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), porém em razão do uso de MPB e na cultivar IACSP95-5000.

As cultivares RB966928, RB93579 e RB867515 apresentaram-se de maneira diferenciada à aplicação de clomazone aos 40 dias após a emergência da cana-de-açúcar, nas doses de 0; 375; 750; 1.125 e $1.500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$. Os sintomas de injúria mais elevados foram observados na cultivar RB93579, com posterior redução ao longo das avaliações, entretanto, permanecendo entre 20 e 30% aos 28 DAA. A tolerância diferencial inicial pode ser verificada nas variáveis analisadas, nas quais o comprimento do colmo e a porcentagem de fibra foram menores na cultivar RB93579. Já o menor número de folhas e diâmetro do colmo foram observados nas cultivares RB867515 e RB966928, respectivamente. Entretanto, segundo os autores, não houve diferença na produtividade da cultura (Barcellos Júnior et al., 2017).

Os índices de clorofila, a altura e a massa seca de MPB de cana-de-açúcar (IACSP95-5000), não foram diferentes estatisticamente quando submetidas à aplicação dos herbicidas imazapic ($245 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), diclosulam ($88,2 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + s-metolachlor ($1.920 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), imazapyr ($500 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), diclosulam ($88,2 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + oxyfluorfen ($1.200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), amicarbazone ($2.100 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), trifluralin ($4.240 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) + pendimethalin ($1.750 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e sulfentrazone ($800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), quando as mudas foram plantadas aos 20, 40 e 60 DAA (Beluci et al., 2015). No presente trabalho, o herbicida imazapyr ($500 \text{ g e.a. ha}^{-1}$) reduziu a altura, clorofila A, B e total aos 30, 60 e 90 DAA e massa seca da parte aérea aos 90 DAA. Esse fator mostra a importância dos estudos de posicionamento dos herbicidas em pré-plantio das MPB.

Estudos sobre o correto posicionamento dos herbicidas são necessários, tanto no sistema de plantio mediante o uso de MPB, como por meio do uso de mini toletes (Plene®). A aplicação dos herbicidas isoxaflutole (262,5 g i.a. ha⁻¹) e imazapic (140 g i.a. ha⁻¹) um dia após o plantio dos minis toletes, da cultivar SP81-3250, reduziram a altura, a massa seca de folhas e raízes em relação ao controle. Os sintomas de injúria para o herbicida imazapic foram classificados com nota oito pela escala EWRC (1964), considerado como dano muito grave (Bertolino; Alves, 2014). Sintomas graves também foram observados neste trabalho, porém para a dose de 532 g i.a. ha⁻¹ de imazapic aplicado no mesmo dia do plantio.

A associação dos herbicidas oxyfluorfen + sulfentrazone (600 + 750 g i.a. ha⁻¹), oxyfluorfen + atrazine (720 + 2.500 g i.a. ha⁻¹), tebuthiuron + sulfentrazone (1.100 + 750 g i.a. ha⁻¹), s-metolachlor + sulfentrazone (2.112 + 750 g i.a. ha⁻¹), clomazone + atrazine (1.008 + 2.500 g i.a. ha⁻¹), clomazone + sulfentrazone (1.080 + 750 g i.a. ha⁻¹) foram seletivas quando aplicadas um dia antes do plantio de MPB de cana-de-açúcar, da cultivar CTC 14. Os maiores sintomas de injúria foram observados aos 8 e 15 DAP, com posterior redução e recuperação das plantas até os 78 DAP. Além disso, as variáveis altura, diâmetro, número de folhas do perfilho principal, número de perfilhos, área foliar, massa seca do colmo + bainha, massa seca de folhas e produtividade, não foram diferentes estatisticamente do controle sem aplicação (Garcia, 2016). Assim como neste trabalho, no qual o sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em aplicação isolada um dia antes do plantio, não provocou redução nas variáveis analisadas.

O herbicida sulfentrazone aplicado um dia antes do plantio de MPB de cana-de-açúcar, cultivar CTC 11, reduziu a altura das plantas a partir dos 60 DAA apenas nas doses de 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹. O número de perfilhos foi inferior estatisticamente ao controle aos 60 DAA nas doses de 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹ e aos 90 DAA (3.200 g i.a. ha⁻¹). Já aos 120 DAA, todas as cinco doses testadas (200, 400, 800, 1.600 e 3.200 g i.a. ha⁻¹) foram iguais estatisticamente ao controle para a variável número de perfilhos (Perez, 2017). No presente trabalho, o diclosulam, imazapic e imazapyr proporcionaram redução das variáveis analisadas com o incremento da dose, o que não foi verificado para o sulfentrazone.

Sintomas de injúria elevados foram observados após aplicação de imazapic (122,5 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g i.a. ha⁻¹), em plantas de cana-de-açúcar com 25 cm de altura (cultivares RB925345, RB925211, RB935744 e RB855036), mas com posterior recuperação das plantas aos 380 DAA (Monquero et al., 2011). Esses resultados evidenciam a importância do posicionamento dos produtos e a tolerância diferencial entre as cultivares de cana-de-açúcar. O imazapic e o imazapyr no presente estudo paralisaram o crescimento da cultivar IACSP95-

5000, causando morte das plantas a partir da dose de 500 g e.a. ha⁻¹ de imazapyr, quando aplicado no mesmo dia do plantio da MPB.

A cultivar SP87-344 foi mais sensível à aplicação de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), imazapic (147 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.920 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.005 g e.a. ha⁻¹), devido as menores alturas relativas quando comparado ao controle. Entretanto, para o 2,4-D a altura relativa das cultivares SP se mantiveram acima dos 84%. A aplicação de MSMA, 2,4-D e sulfentrazone em pós-emergência inicial das cultivares CTC 1, CTC 2, CTC 3, CTC 4, CTC 5 e CTC 6 foram agrupadas sempre entre as maiores alturas relativas ao controle. Para o herbicida imazapic as menores alturas foram registradas para a CTC 4 e CTC 5, fato esperado segundo os autores devido à modalidade de aplicação do produto, que não é recomendado para pós-emergência de cana-planta (Ferreira et al., 2010). No presente estudo, o MSMA provocou injúrias nas MPB, entretanto, não houve redução nas variáveis analisadas com o incremento da dose.

Foram observados baixos sintomas de injúria em cana-de-açúcar plantada por meio das tecnologias MPB IAC, Plene PB e plantio convencional, quando aplicados aos 40 DAP, os herbicidas s-metolachlor + diuron + hexazinone (2.880 + 702 + 198 g i.a. ha⁻¹), ametryn + clomazone (1.500 + 1.000 g i.a. ha⁻¹), s-metolachlor + ametryn (2.880 + 1.500 g i.a. ha⁻¹), clomazone + sulfentrazone (1.000 + 800 g i.a. ha⁻¹), clomazone (1.000 g i.a. ha⁻¹), diuron / hexazinone (702 + 198 g i.a. ha⁻¹) e s-metolachlor (2.880 g i.a. ha⁻¹). O número de colmos dos tratamentos herbicidas, foram iguais ao controle, aos 120 e 180 dias posteriores ao plantio (DPP), assim como o conteúdo total de clorofila aos 45, 80 e 120 DAA, e produtividade aos 300 DPP (Campos, 2017).

Aplicações em pré-plantio de indaziflam reduziram a altura, diâmetro, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e das raízes de MPB de cana-de-açúcar, da cultivar RB966928, em comparação à aplicação em pós-plantio. Aos 40 DAA, a dose de 112,5 g i.a. ha⁻¹ proporcionou menor altura de plantas em relação à dose de 37,5 g i.a. ha⁻¹. O uso do herbicida um dia antes do plantio, provocou a morte das plantas a partir dos 55 DAA, sendo que com os sintomas de injúria foram proporcionais ao aumento das doses (37,5; 56,25; 75 e 112,5 g i.a. ha⁻¹) posicionadas em pré-plantio. Para a cultivar CTC 14 a morte das plantas ocorreu a partir dos 40 DAA (Hijano, 2016). O incremento das doses para os herbicidas diclosulam, imazapic e imazapyr no presente estudo, também causaram sintomas de injúrias, provocando a morte das MPB a partir dos 75 DAA, quando utilizada a dose de 500 g e.a. ha⁻¹ de imazapyr.

Em MPB os herbicidas aplicados em pré-plantio ficam em contato direto com as raízes da cana-de-açúcar, o que pode agravar os sintomas de injúrias ou até mesmo provocar a morte das plantas. O período entre a aplicação e o plantio, assim como a metabolização do herbicida pela planta, tornam-se essenciais para que não haja efeito negativo sob o crescimento inicial da MPB. Enquanto, produtos aplicados em pós-plantio podem vir a ser opções no manejo de plantas daninhas.

4.5. Conclusões

Os herbicidas halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA e 2,4-D, aplicados em pós-plantio, não causaram sintomas de injúrias, nem redução das variáveis analisadas nas doses testadas a cultivar IACSP95-5000. O diclosulam, imazapic e imazapyr, em pré-plantio causaram redução nas variáveis analisadas com o incremento das doses. O imazapyr causou a morte das plantas a partir de 500 g e.a. ha⁻¹. O sulfentrazone, em pré-plantio, não afetou o crescimento inicial das MPB.

Referências

- Arantes, M.T.; Lima Rhein, A.F.; Pincelli, R.P.; Silva, M.D.A. Physiological responses of sugarcane cultivars to selective herbicides. **Bioscience Journal**, v.29, n.5, p.1206-1214, 2013.
- Baloch, A.H.; Rehman, H.; Ibrahim, Z.; Buzdar, M.A.; Ahmad, S. The biology of balochistani weed: *Cyperus rotundus* Linnaeus. A Review. **Pure and Applied Biology**, v.4, n.2, p.171-180, 2015.
- Barbieri Junior, É.; Rossiello, R.O.P; Silva, R.V.M.M; Ribeiro, R.C.; Morenz, M.J.F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, v.42, n.12, p.2242-2245, 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>.
- Barcellos Junior, L.H.; Pereira, G.A.M.; Gonçalves, V.A.; Matos, C.C.; Silva, A.A. Differential tolerance of sugarcane cultivars to clomazone. **Planta Daninha**, v.35, e017169352, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582017350100069>.
- Beluci, L.R.; Vitorino, R.; Azania, C.A.M.; Azania, A.D.P.A.M.; Tortorelli, H.F. Utilização do perfil isoenzimático como ferramenta na avaliação da seletividade de herbicidas em cana-

de-açúcar. **Nucleus**, v.12, n.2, p.157-166, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.1436>.

Bertolino, C.B.; Alves, P.L.D.C.A. Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar no sistema Plene® em pré e pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.3, p.197-206, 2014. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i3.249>.

Campos, B.F. **Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar cultivada em plantio convencional, mudas pré-brotadas IAC e Plene PB**. 2017. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico, Campinas, 2017.

Carey, J.B.; Penner, D.; Kells, J.J. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. **Weed Science**, v.45, n.1, p.22-30, 1997. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043174500092432>.

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar: safra 2018/19, segundo levantamento, agosto de 2018**. Brasília: CONAB, 2018. 76p.

Dias, J.L.C.D.S.; Silva Junior, A.C.D.; Queiroz, J.R.G.; Martins, D. Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, e0112015, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000112015>.

European Weed Research Council [EWRC]. Report of the third and fourth meetings of the European Weed Research Council Committee on methods. **Weed Research**, v.4, n.1, p.79, 1964. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1964.tb00271.x>

Ferreira, R.R.; Oliveira, F.T.R.D.; Delite, F.S.; Azevedo, R.A.; Nicolai, M.; Carvalho, S.J.P.; Christoffoleti, P.J.; Figueira, A.V.O. Tolerância diferencial de cultivares de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. **Bragantia**, v.69, n.2, p.395-404, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200019>.

Galon, L., Ferreira, F.A.; Ferreira, E.A.; Silva, A.A.; Concenço, G.; Silva, A.F.; Reis, M.R.; Aspiazú, I.; Fialho, C.M.T.; Barbosa, M.H.P.; Tironi, S.P. Tolerance of new sugarcane genotypes to herbicides. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p.329-338, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000200012>.

Garcia, M.P. **Seletividade de tratamentos herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC14**. 2016. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

- Gírio, L.A.D.S.; Dias, F.L.F.; Reis, V.M.; Urquiaga, S.; Schultz, N.; Bolonhezi, D.; Mutton, M.A. Plant growth-promoting bacteria and nitrogen fertilization effect on the initial growth of sugarcane from pre-sprouted seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.1, p.33-43, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100004>.
- Hijano, N. **Interferência de capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam+ metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB**. 2016. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.
- Instituto Agrônomo de Campinas [IAC]. 2018. **Programa Cana IAC**. Disponível em: <http://socicana.com.br/2.0/wp-content/uploads/2012-10-31-08-38-CatalogodeCultivarsIAC.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018.
- Landell, M.D.A.; Campana, M.P.; Figueiredo, P.; Xavier, M.A.; Anjos, I.D.; Dinardo-Miranda, L.L.; Scarpari, M.S.; Garcia, J.C.; Bidóia, M.A.P.; Silva, D.N.; Mendonça, J.D.; Kanthack, R.A.D.; Campos, M.F.; Brancalião, S.R.; Petri, R.H.; Miguel, P.E.M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012.
- Lorenzi, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p. 7ed. 2014.
- Monquero, P.A.; Binha, D.P.; Inácio, E.M.; Silva, P.V.D.; Amaral, L.R.D. Selectivity of herbicides in varieties of sugarcane. **Bragantia**, v.70, n.2, p.286-293, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000200006>.
- Perez, L.L. **Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11**. 2017. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.
- Pimentel-Gomes F.; Garcia C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. FEALQ, Piracicaba, Brasil, 2002.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 697p. 6ed. 2011.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 764p. 7ed. 2018.

- Sabbag, R.S.; Monquero, P.A.; Hirata, A.C.S.; Santos, P.H.V. Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.1, p.38-49, 2017. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i1.481>.
- Shaner, D.L.; Mallipudi, N.M.; O'Connor, S.L. **Mechanisms of selectivity of the imidazolinonas**. p.91-102. CRC Press: Boca Raton, FL, 1991.
- Silva, T.P.; Azania, C.A.M.; Xavier, M.A.; Perecin, D.; Vitorino, R. Sugarcane seedlings influenced by the management with herbicides. **Planta Daninha**, v.36, e018150678, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582018360100019>.

5. VIABILIDADE DE TUBÉRCULOS DE TIRIRICA (*Cyperus rotundus* L.) APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PRÉ E PÓS-EMERGÊNCIA

RESUMO

O manejo químico é o mais adotado para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Entre as espécies de difícil controle está a tiririca. Os herbicidas utilizados precisam ser absorvidos e translocados em quantidades suficientes para a cadeia de tubérculos para serem eficazes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a eficácia dos herbicidas sulfentrazone, diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA e 2,4-D, no controle de *Cyperus rotundus* L. e a viabilidade de tubérculos. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. Os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (193,17 g i.a. ha⁻¹), imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g e.a. ha⁻¹) foram aplicados cinco dias após o plantio dos tubérculos em pré-emergência, enquanto que o halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.975 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹) foram aplicados em pós-emergência (4 a 5 folhas). Foram feitas avaliações visuais de controle, massa seca da parte aérea, número de tubérculos e bulbos, peso de tubérculos + bulbos, número de manifestações epígeas e viabilidade de tubérculos. Aos 90 dias após a aplicação (DAA) os herbicidas diclosulam, halosulfuron e ethoxysulfuron propiciaram 100% de controle da parte aérea. Todos os herbicidas reduziram o número de bulbos, peso de tubérculos + bulbos e massa seca da parte aérea. O sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA foram os tratamentos que mais reduziram a viabilidade dos tubérculos.

Palavras-chave: 2,4-D; Diclosulam; Ethoxysulfuron; Halosulfuron; Imazapic; Imazapyr; MSMA; *Saccharum* spp.; Sulfentrazone

ABSTRACT

Chemical management is the most used for the weed control in sugarcane. Among the species of difficult control is the purple nutsedge. The herbicides applied need to be absorbed and translocated in amounts enough to the tuber chain to be effective. The aim of this study was to evaluate the efficacy of sulfentrazone, diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA and 2,4-D in the control of *Cyperus rotundus* L. and the viability of tubers. The experiment was carried out in a greenhouse, in a completely randomized design, with nine treatments and four replications. The herbicides sulfentrazone (800 g a.i. ha⁻¹), diclosulam (193.17 g a.i. ha⁻¹), imazapic (133 g a.i. ha⁻¹) and imazapyr (500 g a.e. ha⁻¹) were applied five days after planting of tubers in pre-emergence, halosulfuron (112.5 g a.i. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g a.i. ha⁻¹), MSMA (1,975 g a.i. ha⁻¹) and 2,4-D (1,340 g a.i. ha⁻¹) were applied in post-emergence (4 to 5 leaves). There were visual evaluations of weed control, shoot dry mass, number of tubers and bulbs,

tubers + bulbs weight, number of epigeal manifestations and viability of tubers. At 90 days after application (DAA) the herbicides diclosulam, halosulfuron and ethoxysulfuron showed 100% control. All herbicides reduced the number of bulbs, bulb + tuber weight and shoot dry mass. Sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron and MSMA were the treatments that most reduced the viability of the tubers.

Keywords: 2,4-D; Diclosulam; Ethoxysulfuron; Halosulfuron; Imazapic; Imazapyr; MSMA; *Saccharum* spp.; Sulfentrazone

5.1. Introdução

A espécie *Cyperus rotundus* L. representa 60 a 80% da população de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, causando de 20 a 30% de perdas na produção, quando seu controle é atrasado em oito semanas (Peerzada, 2017). Por possuir reprodução quase que exclusivamente via rizomas, tubérculos e bulbos basais (Rahnavard et al., 2010) seu controle com herbicidas e capinas é dificultado, principalmente porque os tubérculos podem ter diferentes níveis de dormência (Baloch et al., 2015). Além disso, quando ocorre uma perturbação do solo com consequente ruptura da cadeia de tubérculos, acaba ocorrendo a quebra de rizomas, que garantem a disseminação da espécie (Bangarwa et al., 2008).

No Brasil, alguns herbicidas são registrados para uso em pré ou pós-emergência (inicial, tardia ou jato dirigido) da cana-de-açúcar e de *C. rotundus* como o sulfentrazone, diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron, MSMA, 2,4-D, trifloxysulfuron e glyphosate (Rodrigues; Almeida, 2011; Rodrigues; Almeida, 2018). Entretanto, a eficácia do manejo químico vai depender da dose do herbicida, do número de aplicações, do banco de tubérculos presente no solo e das práticas de cultivo (Peerzada, 2017).

Quando o herbicida é aplicado ele precisa ser absorvido e translocado em quantidade suficiente até o local de ação para garantir o controle eficaz da planta daninha. Muitos fatores podem interferir nesses processos como: condições ambientais, composição da superfície foliar, características físico-químicas dos herbicidas e disponibilidades do produto no local de absorção (Monquero; Hirata, 2014). No caso de *C. rotundus*, uma das principais dificuldades está na translocação dos produtos em toda a cadeia de tubérculos. Assim, estudos de viabilidade de tubérculos tornam-se necessários para avaliação do potencial dos herbicidas em atingir os locais de ação.

A aplicação do sulfentrazone (700 g i.a. ha⁻¹) no controle de *C. rotundus* reduziu o número de tubérculos e de brotações, altura de plantas, biomassa fresca da raiz, tubérculos e

parte aérea em comparação ao controle, na ausência de 15 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar (Novo et al., 2008a). O uso de 110 g i.a. ha⁻¹ de imazapic foi suficiente para manter a porcentagem de cobertura do solo inferior ao do tratamento controle aos 60 dias após a aplicação (DAA). Além de reduzir o número, a massa seca, a viabilidade de tubérculos e a massa seca da parte aérea das plantas de tiririca (*Azania* et al., 2006). Simoni et al. (2006) também verificaram redução nas variáveis número de plantas, bulbos basais, massa seca de bulbos, rizoma + raiz e parte aérea de *C. rotundus*, após aplicação de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) e imazapic (147 g i.a. ha⁻¹).

Silva et al. (2014) estudaram a eficácia dos herbicidas halosulfuron, sulfentrazone e imazapic no controle de *C. rotundus*, nas doses de 112,5, 800 e 147 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, além de cinco densidades da planta daninha (6, 18, 24, 30 e 36 tubérculos vaso⁻¹). Os três herbicidas proporcionaram redução da massa seca de tubérculos, sendo o sulfentrazone o que mais reduziu (inferior a cinco g vaso⁻¹) aos 60 DAA, em todas as densidades testadas. Nas densidades acima de 24 tubérculos vaso⁻¹, o sulfentrazone foi o que mais reduziu a densidade de tubérculos e obteve o maior número de tubérculos mortos.

Assim, partindo da hipótese de que um controle eficaz da parte aérea de *C. rotundus* nem sempre é suficiente para reduzir a viabilidade dos tubérculos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência de *C. rotundus*, assim como analisar a viabilidade de tubérculos.

5.2. Material e métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Produção Vegetal (LPV) da Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba – SP (22°42'47,8" S, 47°37'14,6" W, altitude: 547 m). Os resultados da análise química e física do solo estão apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como de Textura Argilosa.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

P (Resina) mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	m
7	42	4,9	1,69	48,49	14,65	0,26	22	64,83	86,83	74,66	0,4
Areia				Silte				Argila			
35,3%				23,7%				41%			

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidades experimentais constituídas por vasos plásticos de um litro, preenchidos com solo peneirado. Em cada vaso foram colocados quatro tubérculos com peso entre um e dois gramas, a uma profundidade de três centímetros. Os tratamentos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos aplicados em pré ou pós-emergência de *C. rotundus*. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2017/18.

Herbicida ¹	Produto ²	Dose P.C. ³	Dose ⁴	Época de Aplicação ⁵
controle	-	-	-	-
sulfentrazone	Boral® 500 SC	1,6 L	800	PRÉ
diclosulam	Coact®	230 g	193,17	PRÉ
imazapic	Plateau®	190 g	133	PRÉ
imazapyr	Contain®	2,0 L	500	PRÉ
halosulfuron	Sempre®	150 g	112,5	PÓS
ethoxysulfuron	Gladium®	225 g	135	PÓS
MSMA	Volcane®	2,5 L	1.975	PÓS
2,4-D	DMA® 806 BR	2,0 L	1.340	PÓS

¹ingredientes ativos; ²nome do produto comercial; ³dose do produto comercial (P.C.) ha⁻¹; ⁴dose do produto comercial em g i.a. ha⁻¹ e em g e.a. ha⁻¹ para os herbicidas 2,4-D e imazapyr; ⁵época de aplicação dos herbicidas: pré-emergência (cinco dias após o plantio) e pós-emergência (22 dias após o plantio; plantas com 4 a 5 folhas).

A aplicação dos tratamentos ocorreu em câmara de pulverização experimental de herbicidas, acionada por motor elétrico, com pressão constante de 40 Psi, equipada com ponta de pulverização tipo leque jato plano modelo Teejet® XR80.02, posicionada a 50 cm de altura do alvo, propiciando um volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Foi avaliado o controle das plantas aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA, atribuindo notas visuais de controle a cada unidade experimental, variando de 0 a 100%, na qual 0 a 40% corresponde a controle pobre ou ausente, 41 a 60% controle regular, 61 a 70% controle suficiente, 71 a 80% controle considerado bom, 81 a 90% controle muito bom e de 91 a 100% controle classificado como excelente (Asociation Latinoamericana de Malezas [ALAM], 1974). Nestas avaliações também foi realizada a contagem do número de manifestações epígeas, sendo consideradas aquelas com tamanho igual ou superior a um centímetro.

Aos 90 DAA a parte aérea das plantas foi cortada rente à superfície do solo, acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e submetida a secagem em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 65 °C por 48 h, para determinação da massa seca. Em seguida, o solo presente nos vasos foi peneirado para separar os tubérculos e bulbos do solo. Estes foram lavados em água corrente, contados e pesados.

Após este procedimento, os tubérculos foram mantidos sob temperatura ambiente até perderem 15% de umidade, e então armazenados em unidades experimentais constituídas por copos plásticos de 200 mL, nos quais os tubérculos foram colocados inteiros juntamente com

50 mL da solução de tetrazólio a 0,5% durante 24 h e mantidos em germinador com temperatura constante de 35 °C na ausência de luz. Ao término do período os tubérculos foram retirados da solução de tetrazólio, lavados em água corrente e cortados longitudinalmente, para que fosse procedida a avaliação visual, determinando-se a presença e intensidade de coloração ao longo da superfície do tubérculo, classificando quanto a coloração na região das gemas e central de acordo com as notas de 1 a 5 que correspondem a: 1 - 0%; 2 - 1 a 30%; 3 - 31 a 60%; 4 - 61 a 90% e 5 - 91 a 100% (Silva et al., 2009).

Os dados obtidos de número de manifestações epígeas, número de bulbos e tubérculos, peso de tubérculos + bulbos e massa seca da parte aérea foram submetidos a análise de variância e teste F ($p < 0,05$), e quando significativos, as médias foram comparadas pelo Tukey a 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002). Os dados de controle e de viabilidade de tubérculos foram avaliados de forma descritiva.

5.3. Resultados

A análise visual de controle da parte aérea de *C. rotundus* demonstrou resultados de controle excelente (91 - 100%) para os herbicidas diclosulam, imazapic, imazapyr, halosulfuron e ethoxysulfuron, a partir dos 45 DAA. O sulfentrazone propiciou um controle considerado regular (41 - 60%) nas avaliações de 7 e 15 DAA, ficando classificado entre 0 - 40% após esse período. O MSMA obteve bom controle aos 30 DAA (72,5%), mas com redução das notas a partir dessa avaliação. O 2,4-D resultou em porcentagens de controle crescentes ao longo das avaliações, com nota máxima aos 75 DAA (95,5%) (Tabela 3).

Tabela 3. Notas de controle (%) das plantas de *C. rotundus* aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2018.

Tratamentos	7	15	30	45	60	75	90
controle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sulfentrazone	55,00	55,00	32,50	26,25	8,00	13,75	12,50
diclosulam	78,75	91,75	96,50	98,75	98,75	100,00	100,00
imazapic	63,75	71,25	75,00	92,00	98,75	99,00	99,00
imazapyr	70,00	80,00	88,75	97,75	98,75	99,50	99,75
halosulfuron	16,25	73,75	98,75	99,50	100,00	100,00	100,00
ethoxysulfuron	16,25	62,50	94,00	97,50	100,00	100,00	100,00
MSMA	25,00	57,50	72,50	50,00	40,00	66,25	56,25
2,4-D	11,25	68,75	78,75	85,25	94,00	95,50	93,75
Média	37,36	62,27	70,75	71,88	70,91	74,88	73,47

Notas de acordo com ALAM (1974); DAA: dias após a aplicação.

Em relação ao número de manifestações epígeas, os tratamentos com halosulfuron e ethoxysulfuron resultaram na ausência de plantas a partir dos 60 DAA. Aos 15 DAA, apenas o

diclosulam diferiu do tratamento controle. O diclosulam, imazapyr, halosulfuron, ethoxysulfuron e 2,4-D foram inferiores ao controle aos 30 DAA, com menor número de manifestações epígeas. A partir dos 45 DAA, todos os herbicidas reduziram o número de manifestações epígeas em comparação ao controle (Tabela 4).

Tabela 4. Número de manifestações epígeas de *C. rotundus*, aos 7, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2018.

Tratamentos	Número de manifestações epígeas												
	7 ^{ns}	15 *	30 *	45 *	60 *	75 *	90 *						
controle	12,5	16,50	b	15,00	c	19,25	d	13,25	c	14,00	d	13,50	c
sulfentrazone	10,50	12,00	ab	11,25	abc	11,50	c	9,50	b	7,75	c	5,50	b
diclosulam	7,25	6,75	a	5,50	ab	3,00	ab	0,75	a	0,00	a	0,00	a
imazapic	11,00	14,00	ab	11,50	bc	7,25	bc	2,00	a	1,00	ab	0,50	ab
imazapyr	7,50	8,25	ab	7,50	ab	4,25	ab	1,00	a	0,50	a	0,25	a
halosulfuron	12,75	11,50	ab	4,25	a	0,25	a	0,00	a	0,00	a	0,00	a
ethoxysulfuron	10,25	10,25	ab	7,00	ab	1,75	ab	0,00	a	0,00	a	0,00	a
MSMA	12,25	12,50	ab	10,75	abc	11,25	c	7,25	b	4,75	bc	3,75	ab
2,4-D	13,25	13,25	ab	6,00	ab	3,25	ab	2,75	a	3,25	ab	3,00	ab
Média	10,80	11,67		8,75		6,86		4,05		3,47		2,94	
DMS	6,29	7,82		7,14		5,86		3,36		4,22		5,02	
CV (%)	24,47	28,19		18,36		19,00		16,73		20,54		26,20	

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo; DAA: dias após a aplicação.

Todos os tratamentos reduziram o peso de tubérculos + bulbos, número de bulbos e massa seca da parte aérea, quando comparados com o controle sem aplicação. Os herbicidas sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA foram os que mais reduziram a viabilidade de tubérculos, ficando classificados com nota 3 (31 a 60% de coloração na região das gemas e central), enquanto que o diclosulam, imazapyr e 2,4-D obtiveram nota 4 (61 a 90%) (Tabela 5, Figura 1).

Tabela 5. Número de bulbos e de tubérculos, peso de tubérculos + bulbos, massa seca da parte aérea e notas de viabilidade de tubérculos de *C. rotundus*, aos 90 DAA. Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2018.

Tratamentos	T + B (g) *		NT*		NB *		MSPA (g) *		Viabilidade
controle	8,94	c	6,00	c	26,50	c	0,73	c	5
sulfentrazone	5,91	b	5,25	bc	9,00	b	0,44	b	3
diclosulam	2,21	a	4,00	ab	0,00	a	0,00	a	4
imazapic	3,80	ab	3,75	ab	4,25	a	0,00	a	3
imazapyr	2,31	a	3,25	a	1,25	a	0,00	a	4
halosulfuron	2,91	a	4,00	ab	1,25	a	0,00	a	3
ethoxysulfuron	2,90	a	4,00	ab	2,00	a	0,00	a	3
MSMA	2,88	a	3,50	ab	4,25	a	0,10	a	3
2,4-D	3,30	a	4,00	ab	3,00	a	0,13	a	4
Média	3,91		4,19		5,72		0,15		
DMS	2,50		1,78		4,44		0,21		
CV (%)	26,90		17,92		22,14		3,48		

T + B: peso de tubérculos + bulbos; NT: número de tubérculos; NB: número de bulbos; MSPA: massa seca da parte aérea de *C. rotundus*; * Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); DAA: dias após a aplicação.

Figura 1. Coloração dos tubérculos de *C. rotundus*, 90 DAA dos tratamentos, submetidos à solução com 0,5% de tetrazólio durante 24 h e mantidos em germinador com temperatura constante de 35°C na ausência de luz.

5.4. Discussão

O imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e o halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹) reduziram o número de tubérculos em relação ao controle e foram classificados com nota 3 (31 a 60% de coloração da região das gemas e central). Durigan et al. (2005) observaram que os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) e imazapic (105 g i.a. ha⁻¹), aplicados no solo, reduziram o número de tubérculos totais e viáveis aos 45 e 90 DAA, enquanto que o halosulfuron (105 g i.a. ha⁻¹) reduziu o número de tubérculos viáveis aos 90 DAA. O halosulfuron afetou o terceiro tubérculo da cadeia presa a manifestação epígea em 62, 54 e 46% quando as aplicações foram realizadas nos estádios “jovem” (4 a 5 folhas), em pré-florescimento (5 a 7 folhas) e florescimento pleno (7 a 8 folhas), respectivamente.

O número de manifestações epígeas de todos os tratamentos foi inferior ao controle a partir dos 45 DAA. Entretanto, mesmo com o bom controle da parte aérea, a maior redução na viabilidade de tubérculos foi obtida nos tratamentos com sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA, todos com nota 3 (31 a 60% de coloração da região das gemas e central). Martins et al. (2009) verificaram que o controle de *C. rotundus* foi acima de 90% quando utilizados os herbicidas sulfentrazone (800 e 1.000 g i.a. ha⁻¹) e diclosulam (200 e 250 g i.a. ha⁻¹) em pré-emergência. Ambos os herbicidas reduziram o número de tubérculos germinados (0 a 10 cm de profundidade) em todas as doses testadas aos 110 DAA. Entretanto, as maiores reduções foram observadas nas doses de 1.000 e 250 g i.a. ha⁻¹ para sulfentrazone e diclosulam, respectivamente.

Em relação à viabilidade de tubérculos, os herbicidas sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA, foram os tratamentos que mais reduziram a viabilidade dos tubérculos. Em trabalho realizado no campo e em casa de vegetação, Pastre et al. (2009) constataram que a dose de 800 g i.a. ha⁻¹ do herbicida sulfentrazone reduziu a viabilidade de tubérculos de *C. rotundus* em 17,5% aos 90 dias após o tratamento (DAT), quando aplicados em pós-emergência inicial da planta daninhas (4 a 5 folhas).

As doses de 600, 700 e 800 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone, reduziram a zero o número de tubérculos viáveis de *C. rotundus*, aos 28 DAA quando as plantas daninhas estavam com 2 a 3 folhas verdadeiras (Simplício et al., 2018). No presente trabalho, o sulfentrazone na dose de 800 g i.a. ha⁻¹ reduziu o número de manifestações epígeas de *C. rotundus* aos 45, 60, 75 e 90 DAA, o número de tubérculos + bulbos, número de bulbos e a massa seca da parte aérea.

O número e a massa seca de tubérculos viáveis foram reduzidos em todas as densidades (6, 18, 24, 30 e 36 tubérculos vaso⁻¹, correspondentes a 133,3; 399,9; 533,2; 665,5 e 799,8

tubérculos m^{-2}) quando aplicado os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha^{-1}), imazapic (147 g i.a. ha^{-1}) ou halosulfuron (112,5 g i.a. ha^{-1}) em pré-emergência, quando comparados ao controle sem aplicação. O menor número de tubérculos viáveis foi observado para os tratamentos com sulfentrazone nas densidades de 24, 30 e 36 tubérculos vaso^{-1} (Silva et al., 2014).

O halosulfuron é um herbicida seletivo recomendado para aplicação em área total tanto em cana-planta como cana-soca, devido à alta seletividade do produto à cultura. Para controle de *C. rotundus* a dose de utilizada deve ser de 112,5 g i.a. ha^{-1} , com aplicação quando a planta daninha estiver no final da fase vegetativa ou início do florescimento, sem que esteja sob estresse hídrico (Rodrigues; Almeida, 2011). O controle da tiririca foi observado no presente estudo com a dose recomendada, quando a planta daninha estava em pleno desenvolvimento vegetativo (4 a 5 folhas).

Os tratamentos com halosulfuron e 2,4-D reduziram a massa seca da parte aérea e o número de manifestações epígeas das plantas de tiririca, mas o halosulfuron resultou em menor viabilidade de tubérculos (nota 3) quando comparado ao 2,4-D (nota 4). De acordo com Mascarenhas et al. (1995), a aplicação de halosulfuron nas doses de 93,75; 112,5 e 131,25 g i.a. ha^{-1} foi eficaz na redução da viabilidade de tubérculos de *C. rotundus* aos 90 DAA, o que não foi observado para o 2,4-D (1.340 g e.a. ha^{-1}), com 23% apenas dos tubérculos afetados. Os herbicidas também proporcionaram redução no número de manifestações epígeas em relação ao controle, com menores valores para a maior dose de halosulfuron, aos 60 DAA.

Todos os tratamentos reduziram o número de manifestações epígeas, número de bulbos, peso de tubérculos + bulbos e a massa seca da parte aérea de *C. rotundus*, aos 90 DAA. Para o sulfentrazone, observou-se que as plantas emergem com os sintomas e, posteriormente, ficam necróticas levando a morte da planta. Já para o diclosulam, imazapic e imazapyr, atuam inibindo a emergência da espécie. As plantas suscetíveis ao sulfentrazone emergem do solo tratado, tornam-se necróticas, e morrem quando expostas à luz (Rodrigues; Almeida, 2018). Novo et al. (2008a) também observaram que as plantas de tiririca tratadas com sulfentrazone emergem do solo, tornam-se necróticas e morrem ao ficarem expostas à luz.

Para o MSMA foi observado que mesmo com a baixa porcentagem de controle aos 90 DAA (56,25%), o herbicida propiciou menor número de manifestações epígeas, massa seca da parte aérea, número de tubérculos e de bulbos, peso de tubérculos + bulbos e menor viabilidade de tubérculos em relação ao controle. Foloni et al. (2008) verificaram que o uso de MSMA em área total seguido por aplicação em jato dirigido (32 dias após a primeira aplicação), proporcionou controle acima de 97% aos 60 DAT. Já quando feito apenas uma aplicação em

área total nas doses de 2.400 e 1.920 g i.a. ha⁻¹, os controles foram de 88,7 e 78,7%, respectivamente. Além disso, o uso de MSMA reduziu o número de tubérculos sadios, sendo necessárias duas aplicações sequenciais.

A aplicação foliar de MSMA (2.240 g i.a. ha⁻¹) reduziu em 60% o número de brotações de *C. rotundus* e *C. esculentus* aos 60 DAT. Já quando aplicado via solo + foliar, a redução foi de 66%, e somente via solo de 10%. No peso de raízes, as aplicações foliares e foliares + solo, reduziram o peso em mais de 59%, mas quando o alvo foi apenas o solo, a redução foi somente de 12% (McElroy et al., 2003). A absorção do herbicida MSMA é feita via foliar, o que causa sintomas de clorose e necrose nas folhas (Rodrigues; Almeida, 2018). No presente estudo, foram observados os sintomas de clorose e necrose das folhas de *C. rotundus*, assim como redução no número de manifestações epígeas.

Novo et al. (2008a), estudaram a eficácia do herbicida sulfentrazone (700 g i.a. ha⁻¹) no controle de *C. rotundus*, e constataram menor número de brotações, de tubérculos e de biomassa fresca e seca da raiz, parte aérea e de tubérculos nos tratamentos com o herbicida em comparação ao controle. No presente estudo, o sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) mesmo não tendo elevado controle aos 90 DAA, proporcionou redução no número de manifestações epígeas, número de bulbos, peso de tubérculos + bulbos, massa seca da parte aérea e menor viabilidade dos tubérculos.

O herbicida imazapic também é utilizado para o controle de *C. rotundus* em cana-de-açúcar na pré-emergência da planta daninha. O uso de 110 g i.a. ha⁻¹ foi suficiente para manter a porcentagem de cobertura do solo inferior a 5% quando comparada com o tratamento controle sem aplicação aos 10 DAA. Também foi verificado que os tubérculos expostos na superfície do solo aliado ao uso do herbicida resultaram em menor porcentagem quando comparados ao controle, que atingiu em torno de 40% aos 60 DAA e 60% aos 130 DAA. Além disso, o imazapic reduziu o número, a massa seca e a viabilidade de tubérculos, além de diminuir a massa seca da parte aérea das plantas de tiririca (*Azania* et al., 2006), o que corrobora com os resultados observados no presente estudo.

A viabilidade de tubérculos e a altura de plantas de tiririca foram reduzidos quando utilizado o herbicida imazapic (122,5 g i.a. ha⁻¹) em relação ao tratamento controle (Novo et al., 2008b). No presente estudo, o imazapic reduziu número de manifestações epígeas, número de tubérculos e bulbos, peso de tubérculos + bulbos, massa seca da parte aérea e viabilidade dos tubérculos.

Estudos sobre a viabilidade de tubérculos são essenciais para auxiliar na escolha de herbicidas, pois é necessário que estes produtos além de controlar a parte aérea, sejam capazes

de translocar até os tubérculos para garantir que estes, fiquem inviáveis e que não haja novos fluxos de emergência. Segundo Durigan et al. (2005), herbicidas que inviabilizam os tubérculos garantem uma desinfestação gradativa da área.

5.5. Conclusões

Os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), diclosulam (193,17 g i.a. ha⁻¹), imazapic (133 g i.a. ha⁻¹) e imazapyr (500 g e.a. ha⁻¹) em pré-emergência, e halosulfuron (112,5 g i.a. ha⁻¹), ethoxysulfuron (135 g i.a. ha⁻¹), MSMA (1.975 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (1.340 g e.a. ha⁻¹) em pós-emergência, reduziram o número de manifestações epígeas, peso de tubérculos + bulbos, número de bulbos e massa seca da parte aérea de *C. rotundus*. Os tratamentos que foram mais eficazes na redução da viabilidade de tubérculos foram: sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA.

Referências

- Asociation Latinoamericana de Malezas [ALAM]. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas**. Bogotá, v.1, p.35-38, 1974.
- Azania, C.A.M.; Azania, A.A.P.M.; Pavani, M.C.M.D.; Alves, P.L.C.A. *Cyperus rotundus* development influenced by the presence and absence of sugar-cane straw and herbicide. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p.29-35, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000100004>.
- Baloch, A.H.; Rehman, H.; Ibrahim, Z.; Buzdar, M.A.; Ahmad, S. The biology of balochistani weed: *Cyperus rotundus* Linnaeus. A Review. **Pure and Applied Biology**, v.4, n.2, p.171-180, 2015.
- Bangarwa, S.K.; Norsworthy, J.K.; Jha, P.; Malik, M. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) management in an organic production system. **Weed Science**, v.56, n.4, p.606–613, 2008. doi: <https://doi.org/10.1614/WS-07-187.1>.
- Durigan, J.C.; Correia, N.M.; Timossi, P.C. Developmental stages and contact and absorption of herbicides in the inviability of *Cyperus rotundus* tubers. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.621-626, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000400009>
- Foloni, L.L.; Christoffoleti, P.J.; Carvalho, S.J.P.; Nicolai, M. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) management program in sugarcane crop with isolated or sequential application of

- MSMA. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.883-892, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000400020>.
- Martins, D.; Tomazela, M.S.; David, D.V.; Martins, C.C. Purple nutsedge control with sulfentrazone and diclosulam and tubers viability in different soil depths. **Bragantia**, v.68, n.2, p.357-366, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000200009>.
- Mascarenhas, M.H.T.; Galli, A.J.B.; Viana, M.C.M.; Macêdo, G.A.; Lara, J.F.R. Efficacy of halosulphuron for the control of purple nutsedge in the sugar cane. **Planta daninha**, v.13, n.2, p.69-80, 1995. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83581995000200002>.
- McElroy, J.S.; Yelverton, F.H.; Troxler, S.C.; Wilcut, J.W. Selective exposure of yellow (*Cyperus esculentus*) and purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) to postemergence treatments of CGA-362622, imazaquin, and MSMA. **Weed technology**, v.17, n.3, p.554-559, 2003. doi: <https://doi.org/10.1614/WT02-156>.
- Monquero, P.A.; Hirata, A.C.S. Comportamento de herbicidas nas plantas. In: Monquero, P.A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. Rima - SBCPD, São Carlos, Brasil, 2014.
- Novo, M.C.S.S.; Victoria Filho, R.; Langbeck, F.M.; Lago, A.A.; Deuber, R.; Rolim, G.S. Effect of sulfentrazone in the integrated system using sugarcane mulch residue, herbicide and vinasse on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) initial development. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.7, n.1, p.1-14, 2008a. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v7i1.58>.
- Novo, M.C.S.S.; Victoria Filho, R.; Langbeck, F.M.; Lago, A.A.; Deuber, R.; Rolim, G.S. Interaction of imazapic in the integrated system using sugarcane mulch residue, herbicide and vinasse on purple nutsedge growth. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.439-449, 2008b. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000200021>.
- Pastre, W.; Deuber, R.; Rolim, J.C. Viability of the tubers of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) treated with sulfentrazone and flazasulfuron. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.8, n.2, p.44-53, 2009. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i2.67>.
- Peerzada, A.M. Biology, agricultural impact, and management of *Cyperus rotundus* L.: the world's most tenacious weed. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.39, n.12, p.270, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2574-7>.
- Pimentel-Gomes F.; Garcia C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. FEALQ, Piracicaba, Brasil, 2002.
- Rahnavard, A.; Ashrafi, Z.Y.; Rahbari, A.; Sadeghi, S. Effect of diferente herbicides on control of purple nutsedge. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v.16, n.1, p.57-66, 2010.

- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 697p. 6ed. 2011.
- Rodrigues, B.N.; Almeida, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina: Edição dos autores. 764p. 7ed. 2018.
- Silva, B.P.; Almeida, R.O.; Salgado, T.P.; Alves, P.L.C.A. Efficacy of imazapic, halosulfuron and sulfentrazone for *Cyperus rotundus* L. control in response to weed tuber density. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.47, p.3458-3464, 2014. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.8411>.
- Silva, F.M.L.; Velini, E.D.; Rossi, C.V.S.; Negrisoni, E.; Corrêa, M.R. Methodology for determining the tubers viability of *Cyperus rotundus*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.8, n.1, p.1-10, 2009. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i1.62>.
- Simoni, F.; Victoria Filho, R.; San Martin, H.A.M.; Salvador, F.L.; Alves, A.S.R.; Bremer Neto, H. Efficacy of imazapic and sulfentrazone applied on *Cyperus rotundus* under different rain and sugarcane straw conditions. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.769-778, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000400018>.
- Simplício, F.J.T.; Esposti, C.D.; Toffoli, C.R.; Silva, D.G.; Kuva, M.A. Herbicide sulfentrazone in the control of weed plants in initial posts-emergency of sugarcane crop. **Applied Research & Agrotechnology**, v.11, n.1, p.99-103, 2018. doi: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V11>.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que o PAI, PCPI e PTPI foram menores no sistema de MPB, destacando que o manejo inicial das plantas daninhas tem grande importância, devendo ser efetuado até o fechamento das entrelinhas da cultura. Evidencia-se, que mesmo o controle devendo ser realizado até o final do PCPI, algumas plantas daninhas interferem na qualidade e colheita do produto, assim, para estas, deve ser efetuado o controle com jato dirigido.

O manejo de *C. rotundus*, assim como de outras plantas daninhas, não deve ser feito apenas mediante o uso de controle químico, devendo ser realizado o manejo integrado de plantas daninhas. O uso de herbicidas em pré-plantio das MPB é uma opção eficaz para o manejo. Entretanto, o posicionamento e a metabolização do herbicida devem ser melhor elucidados, pois podem causar danos severos à cultura.

Os herbicidas sulfentrazone, imazapic, halosulfuron, ethoxysulfuron e MSMA foram mais eficazes na redução da viabilidade de tubérculos de *C. rotundus*, o que demonstra que mesmo que o controle da parte aérea das plantas tenha sido eficaz, é importante que este herbicida chegue a cadeia de tubérculos, pois assim, consegue-se evitar novos fluxos de germinação e emergência.