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

Eficácia e seletividade do herbicida indaziflam sobre gramíneas infestantes
na cultura da cana-de-açúcar

Giovani Apolari Ghirardello

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Giovani Apolari Ghirardello
Engenheiro Agrônomo

Eficácia e seletividade do herbicida indaziflam sobre gramíneas infestantes na cultura da
cana-de-açúcar

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

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

Ghirardello, Giovani Apolari

Eficácia e seletividade do herbicida indaziflam sobre gramíneas infestantes na cultura da cana-de-açúcar / Giovani Apolari Ghirardello - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011 - - Piracicaba, 2020.

57 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Período residual de controle 2. Clomazone 3. Índice de seletividade 4. Textura I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Josefina Apolari e Gilmar Ghirardello, dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais Gilmar Ghirardello e Josefina Apolari que sempre me apoiaram durante o período de graduação e me incentivaram na busca pelo crescimento pessoal e intelectual.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP) e aos professores, técnicos e funcionários que me auxiliaram durante o curso tanto na graduação quanto na pós-graduação, na execução deste trabalho e de outros realizados durante esse período.

À todos os funcionários do Departamento de Produção Vegetal, em especial Maria Célia Rodrigues, Elisabete Sarkis São João, Aparecido D. Serrano, Luiz Ferrari, Antônio Carlos Franco, Clayton Coratito, Naliel Duarte, Aristides Lamatriz, Osmair Roberto Neves, Horst Bremer Neto, Tiago Augusto Oliveira da Silva, Juliano José Bellini.

Aos membros do grupo de pesquisa e extensão PRO-HORT pelo apoio nas atividades correspondentes a este trabalho e além de tudo, pelo crescimento pessoal, profissional e principalmente pela amizade que me proporcionaram.

Ao Prof. Titular Dr. Ricardo Victoria Filho, pelas orientações e ensinamentos passados durante a graduação e pós-graduação.

Ao Eng. Agr. Dr. André Felipe Moreira Silva, Eng. Agr. Dr. Gustavo Soares Silva, Eng. Agr. Doutorando M.e Lucas Silva Araújo e ao Biólogo Dr. Luiz Henrique Franco de Campos pela colaboração no planejamento, execução, revisão deste trabalho e pela amizade.

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

EPÍGRAFE

“Profissional sábio, sabe praticar a teoria”.

J. L. Favarin

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
Referências	11
2. EFICÁCIA DOS HERBICIDAS INDAZIFLAM E CLOMAZONE SOBRE GRAMÍNEAS INFESTANTES NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	13
RESUMO	13
ABSTRACT	13
2.1. Introdução	14
2.2. Material e Métodos	16
2.2.1. Delineamento e condições experimentais	16
2.2.2. Avaliações e coleta de dados	18
2.2.3. Análise estatística	19
2.3. Resultados	19
2.3.1. Solo franco-arenoso	19
2.3.2. Solo Argiloso	21
2.4. Discussão	31
2.5. Conclusão	34
Referências	34
3. ÍNDICE DE SELETIVIDADE DO INDAZIFLAM A CANA-DE-AÇÚCAR IAC SP95 – 5000 EM DOIS SOLOS DE CLASSES TEXTURAIS DISTINTAS	39
RESUMO	39
ABSTRACT	39
3.1. Introdução	40
3.2. Material e métodos	41
3.2.1. Delineamento e condições experimentais	41
3.2.2. Avaliação e coleta de dados	43
3.2.3. Análise estatística	43
3.3. Resultados	44
3.4. Discussão	49
3.5. Conclusão	51
Referências	51
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

RESUMO

Eficácia e seletividade do herbicida indaziflam sobre gramíneas infestantes na cultura da cana-de-açúcar

Em 2016 o herbicida indaziflam foi registrado no Brasil para utilização em culturas perenes, dentre elas a cana-de-açúcar. Este herbicida pertence a classe química alkylazine, de uso em pré-emergência de plantas daninhas Liliopsidas e Magnoliopsidas e possui um período residual de controle superior a 150 dias. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficácia e o período residual de controle do indaziflam sobre as espécies *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. cochinchinensis*, em dois solos com texturas contrastantes. Avaliar a seletividade do herbicida indaziflam, obtendo-se o índice de seletividade (SI) da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 em função das espécies *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. cochinchinensis*, em dois solos com texturas contrastantes. Para avaliação da eficácia e do período residual de controle foi conduzido dois experimentos em campo, um em cada tipo de solo, no delineamento blocos casualizados com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, com o fator herbicida nas parcelas e o fator espécies de plantas daninhas nas subparcelas. Nas subparcelas foram semeadas as cinco espécies de plantas daninhas, e nas parcelas além da testemunha sem tratamento, foram aplicados em pré-emergência os herbicidas indaziflam (75 e 100 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1080 g i.a. ha⁻¹). Foram realizadas avaliação de controle visual e massa seca da parte aérea das espécies de plantas daninhas. O experimento de Índice de Seletividade foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições, em dois solos com texturas distintas. Os tratamentos foram compostos por doses do herbicida indaziflam (0; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 g i.a. ha⁻¹), aplicado em pré-emergência da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 e das espécies de plantas daninhas. Foram realizadas avaliação de controle visual e massa seca da parte aérea e raízes da cultura e das espécies de plantas daninhas. No solo argiloso o indaziflam na dose 100 g i.a. ha⁻¹ proporcionou um controle excelente de todas as espécies avaliadas até 240 DAA, ocorrendo o mesmo no solo franco-arenoso, exceto para *U. decumbens*. O clomazone demonstrou-se eficaz somente no controle de *P. maximum* até 90 DAA no solo franco-arenoso, porém apresentou bom controle até 90 DAA para todas as espécies avaliadas em solo argiloso. O indaziflam foi seletivo a cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 em ambos os solos avaliados, sendo que o índice de seletividade foi superior a 1 para todas as espécies avaliadas em solo argiloso, não sendo possível a obtenção do índice de seletividade para o solo franco-arenoso devido a suscetibilidade das espécies ao herbicida.

Palavras-chave: Período residual, Clomazone, Índice de seletividade, Textura

ABSTRACT

Efficacy and selectivity of indaziflam herbicide over infesting grasses in sugarcane crop

In 2016, the herbicide indaziflam was registered in Brazil for use in perennial crops, including sugarcane. This herbicide belongs to the chemical group of alkylazine class, to be used in pre-emergence of Liliopsidas and Magnoliopsidas weeds, and has a residual control period of over 150 days. Thus, the aim of this study was to evaluate the control and residual period of indaziflam over *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* and *R. cochinchinensis*, in two soils with contrasting textures. To evaluate the selectivity of the indaziflam herbicide by obtaining or the selectivity index (SI) of the sugarcane cultivar IACSP95-5000 as a function of the species *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* and *R. cochinchinensis*, in two soils with contrasting textures. To evaluate the efficacy and the residual control period, two field experiments were conducted, one in each soil type, on a randomized block design with four replications, on split plot scheme, with herbicide factor on the plots, and weed factor on subplots. In the subplots they were sown as five weed species, and in the untreated controls, they were used in pre-emergence of indaziflam (75 and 100 g a.i. ha⁻¹) and clomazone (1080 g a.i. ha⁻¹) herbicides. Visual control and dry mass evaluation of aerial part of weed species were performed. The selectivity index experiment was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with nine treatments and four replications in two soils with different textures. The treatments consisted of indaziflam's doses (0; 12.5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 and 1600 g a.i. ha⁻¹), applied in the pre-emergence of the sugarcane cultivar IACSP. 95-5000 and weed species. Visual control and dry mass evaluation of the aerial part and roots of the crop and weed species were performed. In clay soil, indaziflam at a dose of 100 g a.i. ha⁻¹ provided excellent control of all species evaluated up to 240 DAA, as well as in sandy loam soil, except for *U. decumbens*. Clomazone was effective only in *P. maximum* control up to 90 DAA in sandy loam soil, but showed satisfactory control up to 90 DAA for all species evaluated in clay soil. Indaziflam was selective to IACSP95-5000 sugarcane cultivar in both evaluated soils, and the selectivity index was higher than "1" (one) for all evaluated species in clay soil. It was not possible to obtain selectivity index for sandy loam soil due to species susceptibility to herbicide in this soil.

Keywords: Residual period, Clomazone, Selectivity index, Texture

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) é uma espécie originária da Ásia e destaca-se como uma das culturas mais cultivadas no país, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Seu cultivo ganhou importância a partir da década de 70, apresentando-se como uma solução para a emergente crise energética, devido ao seu potencial de produzir energia de forma limpa e renovável. Na safra 2019/2020 estima-se que a área colhida seja de 8,38 milhões de hectares, distribuídas em todos estados, com uma produção estimada de 615,98 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Apesar de a cana-de-açúcar ser altamente eficiente na utilização dos recursos disponíveis para o seu crescimento e de apresentar metabolismo do tipo C4, é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, por apresentar na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lentos (Procópio et al., 2003), sendo a matocompetição um dos pontos críticos no processo produtivo da cultura, pois além da competição por água, luz e nutrientes a presença de plantas daninhas pode dificultar a colheita, reduzir a longevidade do canavial, afetando negativamente a qualidade da matéria-prima (Kuva et al., 2003).

A interferência das plantas daninhas pode promover perdas de até 100% na produção de colmos, dependendo-se da espécie predominante (Arévalo & Bertocini, 1994). Segundo Toledo et al. (2017), destacam-se como as principais plantas daninhas infestantes de canaviais as seguintes espécies: *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., *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.

Os principais métodos de controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar são: controle preventivo, controle cultural, controle mecânico e controle químico (Procópio et al. 2016). Destaca-se na cultura o controle químico, principalmente com aplicações de herbicidas em pré-emergência e pós-emergência inicial (Monquero et al., 2010). Existem no Brasil 386 marcas comerciais de herbicidas registrados para o uso na cultura da cana-de-açúcar, distribuídas dentre 42 ingredientes ativos (Agrofit, 2019).

A escolha do herbicida a ser utilizado em áreas produtoras de cana-de-açúcar ocorre principalmente em função das espécies que compõem a comunidade infestante, época de aplicação, período residual de controle e seletividade. A utilização de herbicidas com alto período residual faz-se necessário devido a cultura apresentar elevado período crítico de prevenção da interferência, podendo ser superior a 150 dias (Victoria Filho & Christoffoletti, 2004). Nesse aspecto, o indaziflam, um novo herbicida registrado no Brasil em 2016 (Amin et al., 2016), é nova ferramenta no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar, pois apresenta características que proporcionam um longo período residual de controle, como: tempo de meia vida ($t_{1/2}$) > 150 dias; solubilidade em água (mg L^{-1}) = 4,4 mg L^{-1} ; Log K_{ow} (pH 4,0 a 9,0) = 2,8 e K_{oc} (mg g^{-1}) <1000 (Tompkins, 2010).

Outro aspecto importante na recomendação do herbicida a ser aplicado é a interação solo-planta-herbicida, onde no solo está relacionado com a dinâmica do herbicidas, sendo influenciadas pelas propriedades físico-químicas da molécula, pelos atributos do solo (textura, pH e matéria orgânica) e pelas condições ambientais ou pela interação desses fatores (Christoffoleti et al, 2009).

Além de sua eficácia, outro fator importante a ser considerado na escolha do herbicida a ser aplicado em cana-de-açúcar é a seletividade. Esta característica é dependente de vários fatores como condições ambientais que precedem e sucedem a aplicação, as características do herbicida ou método de aplicação (dose, formulação, localização espacial ou temporal) e fatores relacionados às características das plantas (idade, cultivar, tamanho de sementes ou estrutura de propagação vegetativa) (Oliveira Jr. & Inoue, 2011).

A seletividade dos herbicidas bem como sua eficácia podem ser influenciados pelos atributos do solo, como classe textural, teor de matéria orgânica e pH, sendo estes os principais fatores envolvidos na dinâmica dos herbicidas no solo. Esses fatores irão influenciar diretamente na escolha do herbicida e suas doses (Karpinski et al., 2014).

Assim partindo-se da hipótese de que as diferentes características físico-químicas do solo podem influenciar no período residual de controle de plantas daninhas e influir na seletividade do herbicida à cana-de-açúcar, objetivou-se com este estudo: A) avaliar a eficácia e o período residual de controle proporcionado pelos herbicidas indaziflam e clomazone em dois solos de texturas distintas, sobre cinco espécies de plantas daninhas monocotiledôneas de importância expressiva no setor canavieiro; B) obter o índice de seletividade do herbicida indaziflam sobre a cana-de-açúcar em função de cinco espécies de plantas daninhas em dois solos com texturas distintas.

Referências

- AGROFIT - SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- ARÉVALO, R. A.; BERTONCINI, E. Biologia e manejo de *Rottboellia exaltata* L.f. na cultura da cana-de-açúcar *Saccharum* spp.: Análise do problema. Piracicaba: Estação Experimental de Cana-de-açúcar/IAC, 1994. 24p.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; DAMIN, V.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: CP, 2, 72 p. 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar: safra 2019/20, primeiro levantamento, maio de 2019. Brasília: CONAB, 2019. 58p.
- KARPINSKI, R. A. K.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; CONSTANTIN, J.; DE OLIVEIRA JR, R. S.; DE GOES MACIEL, C. D.; DA SILVA, A. A. P. Influência da textura do solo na seletividade do herbicida fomesafen aplicado em pré-emergência do algodoeiro. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 13, n. 2, p. 125-133, 2014. Disponível em: <<http://rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/283>>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III-capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). Planta Daninha, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.
- MONQUERO, P. A.; BINHA, D. P.; INÁCIO, E. M.; DA SILVA, P. V.; DO AMARAL, L. R. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. Bragantia, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011.
- OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. HIROKO. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. 1. ed. Curitiba (PR): Ompipax. p. 243-262, 2011.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; GALON, L. Plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (ed). Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. Viçosa: UFV. p. 139-176, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Viçosa - MG, 2003. 150p.

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. p. 310-344, 2017.

TOMPKINS, J. Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. Environmental Protection Agency. Unites States, 2010. Disponível em: http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf . Acessado em: 25 de maio de 2019.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 1, n.1 p. 32-37, 2004.

2. EFICÁCIA DOS HERBICIDAS INDAZIFLAM E CLOMAZONE SOBRE GRAMÍNEAS INFESTANTES NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

A cultura da cana-de-açúcar é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, podendo ter perdas de até 100% dependendo da espécie infestante. A cultura se torna susceptível devido a apresentar na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lentos, onde o período em que a cana-de-açúcar deve permanecer livre da matocompetição pode atingir 200 dias. Portanto a utilização de herbicidas pré-emergentes com longo período residual de controle torna-se fundamental para o manejo de plantas daninhas na cultura. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a eficácia e o período residual de controle proporcionado pelos herbicidas indaziflam e clomazone sobre cinco espécies de plantas daninhas com importância expressiva no setor canavieiro. O trabalho foi realizado em campo, em duas áreas com solos de textura argilosa e franco-arenosa. O delineamento foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com o fator herbicida nas parcelas e o fator espécies de plantas daninhas nas subparcelas. Nas subparcelas foram semeadas as espécies *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. cochinchinensis*, e nas parcelas além da testemunha sem tratamento, foram aplicados em pré-emergência os herbicidas indaziflam (75 e 100 g i.a. ha⁻¹) e clomazone (1080 g i.a. ha⁻¹). Foram avaliados o controle visual aos 15, 30, 60, 90, 120, 180 e 240 DAA e massa seca de parte aérea aos 240 DAA. O indaziflam na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ foi eficaz no controle das espécies de plantas daninhas estudadas até 240 DAA em solo com textura franco-arenosa, exceto para a espécie *U. decumbens*. Em solo de textura argilosa o indaziflam na dose 100 g i.a. ha⁻¹ proporcionou um controle excelente de todas as espécies avaliadas até 240 DAA. O clomazone foi eficaz somente para *P. maximum* até 90 DAA em solo franco-arenoso, porém em solo argiloso, o clomazone apresentou bom controle até 90 DAA para todas as espécies avaliadas.

Palavras-chave: Período residual; *U. decumbens*; *U. plantaginea*; *D. horizontalis*; *P. maximum*; *R. cochinchinensis*; Textura.

Abstract

Sugarcane crop is greatly affected by weed competition and may present losses up to 100% depending on the weed species. Crops become susceptible due to slow sprouting and initial growth in most situations, where the period during which sugarcane must remain free of weed competition can reach 200 days. Therefore, the use of pre-emergent herbicides with long residual control period is essential for weed management in the crop. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficacy and residual control period provided by the herbicides

indaziflam and clomazone on five weed species with significant importance in the sugarcane sector. The study was carried out in the field, in two areas with loamy and sandy loam soil. The design adopted was a randomized block, in a split plot scheme, with the herbicidal factor in the plots and the weed species factor in the subplots. In the subplots, the species *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* and *R. cochinchinensis* were sown, and in the plots beyond the untreated control, the herbicides indaziflam (75 and 100 g a.i. ha⁻¹) and clomazone (1080 g a.i. ha⁻¹) were applied in preemergence. Visual control was evaluated at 15, 30, 60, 90, 120, 180 and 240 DAA and shoot dry mass at 240 DAA. Indaziflam at a dose of 100 g a.i. ha⁻¹ was effective in controlling weed species studied up to 240 DAA in loam-textured soil, except for *U. decumbens*. In clay soil indaziflam at the dose 100 g a.i. ha⁻¹ provided excellent control of all species evaluated up to 240 DAA. Clomazone was effective only for *P. maximum* up to 90 DAA in sandy loam soil, but in clay soil, clomazone showed a satisfactory control up to 90 DAA for all evaluated species.

Keywords: Residual period; *U. decumbens*; *U. plantaginea*; *D. horizontalis*; *P. maximum*; *R. cochinchinensis*; Texture.

2.1. Introdução

A cana-de-açúcar destaca-se por ser eficiente na utilização dos recursos disponíveis para o seu crescimento e por ter metabolismo do tipo C4. Porém, é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, por apresentar na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lentos (Procópio et al., 2003). Segundo Victoria Filho e Christoffoleti (2004) o efeito da presença de plantas daninhas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar pode provocar perdas de produtividade de até 85%, quando não controladas corretamente.

As plantas daninhas comprometem o desenvolvimento vegetativo da cultura, ocasionando redução na quantidade e qualidade de colmos, e consequentemente, reduzindo a longevidade do canavial (Figueiredo et al. 2013). Além disso, sua presença no momento da colheita dificulta o corte mecanizado e compromete o rendimento das máquinas e a qualidade final do produto (Correia & Kronka, 2010).

Para Victoria Filho e Christoffoleti (2004) o período de prevenção da interferência provocado pela convivência com as plantas daninhas pode variar de 20 a 150 dias variando conforme a época de plantio. Porém se considerarmos um nível de redução na produtividade de 2%, esse período pode se estender até 200 dias após a brotação, no segundo ciclo vegetativo da cultura (Meirelles et al. 2009).

O grau de interferência entre as plantas cultivadas e as plantas daninhas depende de fatores relacionados à cultura, influenciada pelo gênero, cultivar, densidade de plantio e fatores relacionados a comunidade infestante, como sua composição específica, densidade e distribuição (Kuva et al. 2003).

Segundo Procópio et al., (2003), as plantas daninhas mais importantes nas áreas canavieiras da região centro-sul são o capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-colonião (*Panicum maximum*), capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), picão-preto (*Bidens pilosa*), tiririca (*Cyperus rotundus*) e corda-de-viola (*Ipomea* spp.).

A redução na produtividade da cana-de-açúcar ocasionada pela matocompetição de capim-braquiária, capim-colonião e capim-camalote podem atingir valores de 82; 33,4; 100% respectivamente (Kuva et al., 2001; Kuva et al., 2003; Arévalo & Bertocini, 1994). Por outro lado, em uma infestação mista de corda-de-viola (*Ipomoea hederifolia*) e capim-marmelada as perdas foram de até 46% (Silva et al., 2009). Em estudo realizado por Gajego (2016) onde avaliou-se a interferência do capim-colchão (*Digitaria nuda*) no desenvolvimento inicial de plantas de cana-de-açúcar, concluiu-se que na infestação de 457,1 plantas m⁻² de capim-colchão proporcionou a redução na massa seca das plantas de cana-de-açúcar em até 73%.

Segundo Procópio et al. (2016), os principais métodos de controle das plantas daninhas em cana-de-açúcar são o controle preventivo, controle cultural, controle mecânico e controle químico. O controle químico é o método mais utilizado, devido ao fato da cana-de-açúcar ocupar grandes áreas de cultivo (Campos et al., 2009).

A maioria dos herbicidas utilizados na cana-de-açúcar são recomendados para aplicação em pré-emergência ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas (Christoffoleti et al., 2009). Para cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância que os herbicidas utilizados apresentem longo período residual, podendo apresentar ação no solo, com controle efetivo por períodos superiores a 100 dias (Procópio et al., 2004).

Os herbicidas aplicados em pré-emergência apresentam dinâmica afetada por fatores relacionados às suas características físico-químicas (solubilidade, capacidade de sorção, volatilidade e outras), estas propriedades interagem com as condições climáticas e edáficas e determinam sua disponibilidade na solução do solo (Christoffoleti et al., 2005). A classe textural e o teor de matéria orgânica são um dos principais fatores que influenciam na dinâmica dos herbicidas no solo (Silva et al., 2007).

Um dos herbicidas mais utilizados na cultura da cana-de-açúcar com ênfase em gramíneas é o clomazone. Este herbicida pertence ao grupo químico das isoxazolidinonas, que

atua na inibição da biossíntese de carotenoides e apresenta persistência no solo por cerca de 100 a 120 dias (Rodrigues & Almeida, 2018). É recomendado para aplicação em pré-emergência da cana-de-açúcar, podendo alcançar período efetivo de controle entre 70 e 100 dias, dependendo da dose e do tipo de solo (Procópio et al., 2004).

O indaziflam é um herbicida pertencente a classe química alquilazina (alkylazine), de uso em pré-emergência de plantas daninhas Liliopsidas e Magnoliopsidas (Brosnan et al., 2012). Seu mecanismo de ação atua na inibição da formação da parede celular sendo considerado como o mais potente inibidor da parede celular já descoberto, apresentando elevado período residual no solo, superior a 150 dias (Myers et al., 2009; Kaapro & Hall, 2012).

Levando em consideração a necessidade de um grande período de controle de plantas daninhas e as reduções provocadas na produtividade de cana-de-açúcar torna-se necessário a utilização de herbicidas com período residual elevado. Porém, em determinados tipos de solo esse período pode ser afetado em função das características físico-químicas das moléculas e do solo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o período residual dos herbicidas indaziflam e clomazone no controle de capim-braquiária, capim-marmelada, capim-colchão, capim-colonião e capim-camalote em solo franco-arenoso e argiloso.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Delineamento e condições experimentais

O presente trabalho foi constituído por dois experimentos realizados no período de 01 de julho de 2018 a 01 de março de 2019, em áreas experimentais com solos com texturas contrastantes (Tabela 1), pertencentes ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ-USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil. O clima da região, segundo classificação Köppen é do tipo Cwa, relativamente seco no inverno, com chuvas no verão. Na Figura 1 são apresentadas a pluviosidade e a temperatura ao longo do período dos experimentos.

Figura 1. Pluviosidade, temperatura máxima e mínima durante o período de condução do experimento no período de 01/07/2018 a 10/03/2019.

Fonte: Base de dados da Estação Meteorológica Automática - LEB - ESALQ - USP - Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Tabela 1. Resultados das análises químicas e físicas dos solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Solo Argiloso

pH (CaCl ₂)	H+Al	P	M.O. ¹	K	Ca	Mg	SB ²	CTC ³	V ⁴
5,3	15,0	8,0	20,0	1,7	29,0	12,0	42,7	57,7	74
Argila			Silte			Areia			Textura
52,7			4,7			42,6			Argilosa

Solo Franco-arenoso

pH (CaCl ₂)	H+Al	P	M.O.	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
5,5	18,0	18,0	7,0	1,2	16,0	8,0	25,0	43,0	58
Argila			Silte			Areia			Textura
16,8			11,1			72,1			Franco-arenosa

Unidades: H+Al, K, Ca, Mg, SB e CTC (mmol_c dm⁻³); P (resina) (mg dm⁻³); M.O. (calorimetria) g dm⁻³; V, argila, silte, areia (%). ¹M.O. - matéria orgânica, ²SB - soma de bases, ³CTC - capacidade de troca de cátions, ⁴V - saturação de bases.

No estudo foram utilizadas cinco espécies de plantas daninhas importantes na cultura da cana-de-açúcar, como o capim-braquiária *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster), capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton). As sementes das espécies foram adquiridas na empresa Agrocósmos, Engenheiro Coelho, São Paulo, Brasil.

Na área experimental foi realizado o preparo de solo por meio de subsolagem e gradagem para nivelamento, com intuito de se descompactar, nivelar e destorroar o solo, facilitando a semeadura e o desenvolvimento das espécies de plantas daninhas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, com o fator herbicida nas parcelas e o fator espécies de plantas daninhas nas subparcelas. O tratamento principal é composto pelos herbicidas indaziflam (Alion[®], Bayer CropScience, Brasil) nas doses de 75 e 100 g i. a. ha⁻¹, clomazone (Gamit 360 CS[®], FMC, Brasil) na dose de 1080 g i. a. ha⁻¹ e uma testemunha sem aplicação dos herbicidas.

As parcelas que receberam os tratamentos possuíam 24 m² (6x4 m). As subparcelas onde foram semeadas as espécies de plantas daninhas possuíam 2 m² (0,5 x 4 m) sendo semeadas em linhas no interior de cada subparcela. Foram utilizadas quantidades de sementes necessárias para a emergência de pelo menos 20 plantas por m², seguindo as recomendações de germinação da empresa fornecedora das sementes.

A semeadura das espécies ocorreu no dia 02 de julho de 2018 e a emergência das plantas daninhas iniciou a partir do dia 10 de julho de 2018. Em ambos os solos a semeadura foi realizada de forma manual e as sementes foram incorporadas ao solo com auxílio de um rastelo.

A aplicação foi realizada um dia após a semeadura das plantas daninhas com auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra equipada com seis pontas de pulverização (XR 110.02, TeeJet[®]), a uma pressão constante de 2 bar, trabalhando a uma altura de 50 cm do solo, e a uma velocidade de 1 m s⁻¹, atingindo uma faixa aplicada de 50 cm de largura por ponta de pulverização, com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Devido ao baixo índice pluviométrico no início do experimento, realizou-se uma irrigação com uma lâmina de 30 mm três dias após a semeadura das espécies com intuito de promover a emergência das plantas daninhas. A irrigação foi efetuada por aspersão convencional. Quando necessário realizou-se capinas e catação manual eliminando as plantas daninhas que não eram de interesse para o estudo.

2.2.2. Avaliações e coleta de dados

Foram realizadas avaliações visuais de controle baseadas nos critérios da Asociación Latinoamericana de Malezas - ALAM (1974) (Tabela 2), a qual utiliza uma escala percentual de notas, em que 0 (zero) corresponde a ausência de controle e 100% o controle absoluto. Esta avaliação foi realizada aos 15, 30, 60, 90, 120, 180 e 240 dias após a aplicação (DAA). As notas foram atribuídas para cada espécie dentro de cada parcela.

Tabela 2 - Escala de notas da ALAM (1974) utilizada para avaliação da eficácia de controle promovida pelos tratamentos nas espécies de plantas daninhas.

Porcentagem	Grau de controle
0 - 40	Nenhum ou pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito Bom
91 - 100	Excelente

A avaliação populacional das espécies infestantes foi realizada no dia 01 de março de 2019, aos 240 DAA, utilizando um retângulo de 0,125 m² (0,25 x 0,5 m), em duas amostragens ao acaso na subparcela, onde se obteve a média da massa seca para cada espécie. Realizou-se a coleta das plantas daninhas, cortando a parte aérea das plantas rente ao solo para determinação do teor de massa seca. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas e pesadas em balança semianalítica.

Com os resultados, os dados em gramas foram convertidos para porcentagem de redução da massa seca da parte aérea. Essa redução foi calculada em função da média dos teores de massa seca das testemunhas, sendo estas consideradas 0% de redução, e quando não houve presença de plantas daninhas na subparcela (100% de controle), considerou-se 100% de redução.

2.2.3. *Análise estatística*

Os dados foram analisados conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Foi efetuada análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando os fatores foram significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (1949) ($p < 0,05$). As notas de controle das testemunhas não foram consideradas na análise da variância, pois não se observou sintomas e a inclusão de zeros aumenta a dispersão dos dados, podendo comprometer as comparações.

2.3. Resultados

2.3.1. *Solo franco-arenoso*

Todos os herbicidas proporcionaram controle excelente das espécies de plantas daninhas, superiores a 91%, aos 15 e 30 DAA (Tabelas 3 e 4). Não ocorreu interação entre os

herbicidas e as espécies avaliadas. Houve diferença estatística entre as espécies, onde *U. decumbens* foi menos controlada pelos herbicidas e *D. horizontalis* a mais controlada, nas duas avaliações.

O indaziflam nas doses utilizadas apresentou controle das espécies acima de 90% aos 60 DAA, exceto para *U. decumbens* na dose de 75 g. i.a. ha⁻¹, sendo o controle considerado muito bom (Tabela 5). Porém, não houve diferença estatística entre as doses deste herbicida, assim como na comparação entre as espécies. O clomazone proporcionou um controle considerado excelente das espécies *D. horizontalis* e *P. maximum*, mas para as espécies *U. plantaginea*, *R. conchichinensis* e *U. decumbens* seu controle foi considerado muito bom, bom e regular, respectivamente. Na comparação com o indaziflam, o clomazone foi inferior no controle das espécies, exceto para *P. maximum*.

Aos 90 DAA não houve diferença estatística de controle entre as doses de indaziflam e entre as espécies (Tabela 6). O indaziflam e o clomazone proporcionaram excelente controle para *P. maximum*, aos 90 DAA. Não houve diferenças estatísticas no controle entre as duas doses do herbicida indaziflam, porém na dose 100 g. i.a. ha⁻¹ observa-se que o controle foi ligeiramente superior para as espécies *U. decumbens* e *U. plantaginea*, sendo estes considerados suficiente e excelente. O controle proporcionado pelo clomazone as demais espécies foi inferior, sendo considerado regular para *R. conchinchinensis* e *D. horizontalis*, e considerado pobre para *U. plantaginea* e *U. decumbens*, onde o controle ficou abaixo de 25%, sendo estas as menos suscetíveis ao herbicida.

O indaziflam nas duas doses estudadas apresentou um controle excelente para *D. horizontalis*, *P. maximum*, *R. conchinchinensis* aos 120 DAA (Tabela 7). Todavia, na dose de 75 g. i.a. ha⁻¹, para o *U. plantaginea* o controle foi inferior comparado a dose de 100 g. i.a. ha⁻¹. A planta daninha *U. decumbens* foi a menos suscetível ao indaziflam independente da dose utilizada. O clomazone apresentou controle baixo para todas as espécies, exceto para *P. maximum*, onde apresentou um controle considerado suficiente, porém inferior aos tratamentos que continham indaziflam. Na comparação entre os herbicidas, o clomazone apresentou menor controle que o indaziflam, exceto para *U. decumbens*, em que o controle foi baixo para todos os herbicidas aos 120 DAA.

O indaziflam nas doses de 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ controlou *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. conchinchinensis*, além de obter bom controle de *U. plantaginea* na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ aos 180 DAA (Tabela 8). O clomazone apresentou controle regular somente para *P. maximum*, para as demais espécies não houve controle. Na comparação entre os herbicidas, o indaziflam

controlou melhor que o clomazone, exceto para *U. decumbens*, em que o controle foi baixo para todos os herbicidas aplicados.

O controle de *U. decumbens* foi baixo em ambas as doses de indaziflam, aos 240 DAA (Tabela 9). Na dose de 75 g i.a. ha⁻¹ não apresentou um bom controle para *U. plantaginea*. A espécie *P. maximum* foi a única em que o clomazone proporcionou um controle considerado regular, porém seu controle foi menor comparado ao indaziflam. As espécies *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. conchinchinensis* foram controladas pelo indaziflam independente da dose utilizada, com exceção de *U. plantaginea* que obteve controle satisfatório na dose de 100 g i.a. ha⁻¹.

A *U. decumbens* teve menor redução na biomassa nos tratamentos com indaziflam (Tabela 10). A dose de 100 g i.a. ha⁻¹ de indaziflam reduziu em 100% o teor de massa seca de *R. conchinchinensis*, sendo a espécie com melhor controle aos 240 DAA. Na aplicação de clomazone, a maior redução de massa seca foi de *P. maximum*, sendo baixa para as demais espécies. Dentre os herbicidas, o clomazone reduziu menos o teor de massa seca comparado ao indaziflam, exceto para *P. maximum* e *U. decumbens*, onde a redução não foi significativa estatisticamente.

2.3.2. Solo Argiloso

Todos os herbicidas proporcionaram um controle acima de 96%, sendo considerado excelente para todas as espécies de plantas daninhas avaliadas aos 15 DAA, não havendo interação entre os fatores (Tabela 11). Aos 30 DAA todos os tratamentos controlaram as espécies de plantas daninhas, contudo o clomazone proporcionou um controle de *R. conchinchinensis* inferior ao indaziflam (Tabela 12).

Não houve interação entre os herbicidas e as espécies avaliadas aos 60 e 90 DAA (Tabela 13 e 14). Apesar de não apresentar diferença estatística, observa-se que os herbicidas proporcionaram um controle acima de 91% das espécies de plantas daninhas nas duas datas de avaliação.

A *U. decumbens* teve baixo controle pelo herbicida indaziflam na dose 75 g i.a. ha⁻¹, aos 120 DAA (Tabela 15). Nesta mesma dose, o herbicida controlou *D. horizontalis*, *R. conchinchinensis* e *U. plantaginea*. Na dose de 100 g i.a. ha⁻¹, estatisticamente houve controle de todas as espécies estudadas. As espécies *D. horizontalis* e *P. maximum* tiveram um bom controle pelo clomazone. O indaziflam proporcionou um controle superior ao clomazone para

todas as espécies, exceto para *U. decumbens* onde apenas na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ o controle foi maior.

Na dose de 75 g i.a. ha⁻¹ o indaziflam controlou *D. horizontalis*, *R. conchinchinensis* e *U. plantaginea* aos 180 DAA (tabela 16). Sendo que, na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ controlou todas as espécies, inclusive *P. maximum* e *U. decumbens*. O clomazone obteve baixo controle das plantas daninhas estudadas, sendo que o melhor controle foi de 75,75% para *P. maximum*. O indaziflam foi mais eficaz no controle das plantas daninhas comparado ao clomazone, exceto para *P. maximum* onde estatisticamente o indaziflam na dose de 75 g i.a. ha⁻¹ e o clomazone proporcionaram o mesmo controle.

Quando aplicado na dose de 75 g i.a. ha⁻¹, o indaziflam não proporcionou um bom controle de *U. decumbens* e *P. maximum*, apresentando um controle semelhante ao clomazone para esta última espécie aos 240 DAA (Tabela 17). Na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ o indaziflam proporcionou um controle excelente para todas as espécies. O clomazone apresentou um baixo controle para todas as espécies, exceto para *P. maximum*, onde o controle foi superior comparado a *D. horizontalis*, *R. conchinchinensis*, *U. decumbens* e *U. plantaginea*.. O clomazone apresentou um controle mais baixo que o indaziflam, exceto para *P. maximum* quando aplicado indaziflam na dose de 75 g i.a. ha⁻¹.

O indaziflam na dose de 75 g i.a. ha⁻¹ controlou *D. horizontalis*, *R. conchinchinensis* e *U. plantaginea*, com redução total (100%) da massa seca de *D. horizontalis* e *R. conchinchinensis* que tiveram a emergência inibida durante todas as avaliações (Tabela 18). Na dose de 100 g i.a. ha⁻¹, estatisticamente todas as espécies foram controladas, sendo que *P. maximum* também teve 100% de sua massa seca reduzida. O clomazone foi o herbicida que menos reduziu o teor de massa seca das espécies avaliadas, com menor redução para *D. horizontalis* e *R. conchinchinensis*. O clomazone apresentou menor controle comparado ao indaziflam, exceto para *P. maximum* e *U. decumbens*.

Tabela 3. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 15 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
	<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00	99,25	95,50	96,25	99,00	97,60
indaziflam 100	100,00	99,50	100,00	98,00	100,00	99,10
clomazone 1080	100,00	99,25	94,75	94,50	96,25	96,95
Média	100,00 A ¹	99,33 AB	96,75 BC	96,25 BC	98,42 ABC	
$F_{(Herb \times esp)} = 1,14^{NS}$ $F_{(Herb)} = 1,06^{NS}$ $F_{(Esp)} = 5,06^{**}$ $DMS_{(Esp)} = 2,17$ $CV_{(Herb)} = 5,55$ $CV_{(Esp)} = 2,54$						

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo; ^{**}Significativo a 1%.

Tabela 4. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 30 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
	<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00	99,50	97,00	95,00	97,25	97,80
indaziflam 100	100,00	99,00	100,00	95,25	99,50	98,70
clomazone 1080	100,00	99,25	93,50	91,25	94,25	95,65
Média	100 A ¹	99,25 AB	96,83 AB	93,83 B	97,00 AB	
$F_{(Herb \times esp)} = 1,21^{NS}$ $F_{(Herb)} = 1,26^{NS}$ $F_{(Esp)} = 8,24^{**}$ $DMS_{(Esp)} = 5,92$ $CV_{(Herb)} = 6,39$ $CV_{(Esp)} = 3,00$						

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo; ^{**}Significativo a 1%.

Tabela 5. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 60 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00 Aa ¹	99,50 Aa	97,00 Aa	88,75 Aa	95,50 Aa	96,15
indaziflam	100	100,00 Aa	99,00 Aa	100,00 Aa	90,00 Aa	99,50 Aa	97,70
clomazone	1080	95,00 ABa	97,00 Aa	75,00 Cb	57,50 Db	81,75 BCb	81,25
Média		98,33	98,50	90,67	78,75	92,25	
$F_{(Herb \times esp)} = 4,86^{**}$ $F_{(Herb)} = 38,33^{**}$ $F_{(Esp)} = 17,90^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 11,32$ $DMS_{(Esp)} = 13,39$ $CV_{(Herb)} = 7,14$ $CV_{(Esp)} = 7,18$							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 6. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 90 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00 Aa ¹	99,25 Aa	97,50 Aa	56,25 Ba	86,25 Aa	87,85
indaziflam	100	100,00 Aa	99,25 Aa	98,75 Aa	67,50 Ba	98,25 Aa	92,75
clomazone	1080	70,00 Bb	95,00 Aa	45,00 Ca	23,75 Cb	23,75 Cb	51,50
Média		90,00	97,83	80,42	49,17	69,42	--
$F_{(Herb \times esp)} = 6,16^{**}$ $F_{(Herb)} = 53,50^{**}$ $F_{(Esp)} = 32,20^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 20,81$ $DMS_{(Esp)} = 23,57$ $CV_{(Herb)} = 17,79$ $CV_{(Esp)} = 15,00$							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 7. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 120 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	98,5 Aa ¹	97,50 Aa	96,25 Aa	18,75 Ca	67,50 Bb	75,70
indaziflam	100	100,00 Aa	98,75 Aa	100,00 Aa	33,75 Ba	98,25 Aa	86,15
clomazone	1080	35,00 Bb	67,50 Ab	23,75 Bb	22,50 Ba	15,00 Bc	32,75
Média		77,83	87,92	73,33	25,00	60,25	--
$F_{(Herb \times esp)} = 10,02^{**}$ $F_{(Herb)} = 258,73^{**}$ $F_{(Esp)} = 52,58^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 18,87$ $DMS_{(Esp)} = 23,60$ $CV_{(Herb)} = 12,08$ $CV_{(Esp)} = 17,96$							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 8. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 180 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	98,00 Aa ¹	96,25 Aa	95,00 Aa	15,00 Ca	53,75 Bb	71,60
indaziflam	100	100,00 Aa	98,75 Aa	100,00 Aa	28,75 Ba	96,50 Aa	84,80
clomazone	1080	25,00 Bb	60,00 Ab	15,00 Bb	17,50 Ba	11,25 Bc	25,75
Média		74,33	85,00	70,00	20,42	53,83	--

$F_{(Herb \times esp)} = 11,28^{**}$ $F_{(Herb)} = 389,11^{**}$ $F_{(Esp)} = 52,28^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 19,31$ $DMS_{(Esp)} = 24,79$ $CV_{(Herb)} = 11,57$ $CV_{(Esp)} = 19,85$

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo;

**Significativo a 1%.

Tabela 9. Controle percentual das plantas daninhas em solo franco-arenoso, aos 240 DAA. Piracicaba, 2018.

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	97,50 Aa ¹	95,50 Aa	93,75 Aa	13,75 Ca	52,50 Bb	70,60
indaziflam	100	99,50 Aa	98,75 Aa	100,00 Aa	26,25 Ba	94,75 Aa	83,85
clomazone	1080	21,25 Bb	57,50 Ab	11,25 Bb	17,50 Ba	10,00 Bc	23,50
Média		72,75	83,92	68,33	19,17	52,42	--
$F_{(Herb \times esp)} = 13,12^{**}$ $F_{(Herb)} = 504,90^{**}$ $F_{(Esp)} = 55,99^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 18,56$ $DMS_{(Esp)} = 23,62$ $CV_{(Herb)} = 10,64$ $CV_{(Esp)} = 19,61$							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 10. Porcentagem de redução na massa seca das plantas daninhas em solo franco arenoso, aos 240 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Redução da massa seca (%)					Média
		<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	98,28 Aa ¹	91,61 Aa	89,55 Aa	19,14 Ba	72,26 Aa	74,17
indaziflam	100	99,12 Aa	98,52 Aa	100,00 Aa	38,2 Ba	96,21 Aa	86,41
clomazone	1080	37,88 ABb	73,66 Aa	16,77 Bb	29,97 Ba	18,53 Bb	35,36
Média		78,45	87,93	68,77	29,10	62,33	--

$F_{(Herb \times esp)} = 4,50^{**}$ $F_{(Herb)} = 79,03^{**}$ $F_{(Esp)} = 17,64^{**}$ $DMS_{(Herb)} = 30,27$ $DMS_{(Esp)} = 37,64$ $CV_{(Herb)} = 20,43$ $CV_{(Esp)} = 28,45$

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo; **Significativo a 1%.

Tabela 11. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 15 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
	<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00	100,00	100,00	99,75	100,00	99,95
indaziflam 100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
clomazone 1080	99,75	99,50	100,00	99,50	96,25	99,00
Média	99,92	99,83	100,00	99,75	98,75	--
$F_{(Herb \times esp)} = 0,97^{NS}$ $F_{(Herb)} = 1,07^{NS}$ $F_{(Esp)} = 0,93^{NS}$ $CV_{(Herb)} = 2,45$ $CV_{(Esp)} = 1,85$						

^{NS}Não significativo.

Tabela 12. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 30 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
	<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00 Aa ¹	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00
indaziflam 100	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00
clomazone 1080	100,00 Aa	99,50 Aa	98,50 Bb	99,75 Aa	100,00 Aa	99,55
Média	100,00	99,83	99,50	99,91	100,00	--

$$F_{(Herb \times esp)} = 3,72^{**} \quad F_{(Herb)} = 6,94^{*} \quad F_{(Esp)} = 3,72^{*} \quad DMS_{(Herb)} = 0,67 \quad DMS_{(Esp)} = 0,75 \quad CV_{(Herb)} = 0,44 \quad CV_{(Esp)} = 0,37$$

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; *Significativo a 5%;

**Significativo a 1%.

Tabela 13. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 60 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizotalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00	100,00	99,25	98,75	99,50	99,55
indaziflam	100	100,00	99,75	100,00	99,75	100,00	99,95
clomazone	1080	100,00	99,5	98,75	97,25	96,25	98,35
Média		100,00	99,75	99,33	98,58	98,58	--
$F_{(Herb \times esp)} = 1,30^{NS}$ $F_{(Herb)} = 4,32^{NS}$ $F_{(Esp)} = 2,13^{NS}$ $CV_{(Herb)} = 1,69$ $CV_{(Esp)} = 1,56$							

^{NS}Não significativo.

Tabela 14. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 90 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horizotalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00	99,75	100,00	98,75	99,25	99,55
indaziflam	100	100,00	100,00	100,00	99,75	100,00	99,95
clomazone	1080	100,00	99,50	91,00	97,25	96,25	96,80
Média		100,00	99,75	97,00	98,58	98,50	--
$F_{(Herb \times esp)} = 1,22^{NS}$ $F_{(Herb)} = 3,95^{NS}$ $F_{(Esp)} = 1,22^{NS}$ $CV_{(Herb)} = 1,74$ $CV_{(Esp)} = 1,59$							

^{NS}Não significativo.

Tabela 15. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 120 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00 Aa ¹	80,00 ABA	100,00 Aa	66,25 Bb	98,00 Aa	88,85
indaziflam	100	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	92,50 Aa	100,00 Aa	98,50
clomazone	1080	80,50 Aa	81,25 Aa	20,00 Cb	43,75 Bb	40,75 Bb	53,25
Média		93,50	87,08	73,33	67,50	79,58	--
F _(Herb x esp) = 11,66** F _(Herb) = 91,79** F _(Esp) = 12,78** DMS _(Herb) = 20,57 DMS _(Esp) = 24,51 CV _(Herb) = 14,69 CV _(Esp) = 15,38							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 16. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 180 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento	dose (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
		<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam	75	100,00 Aa ¹	73,00 Bb	100,00 Aa	61,50 Bb	97,50 Aa	86,40
indaziflam	100	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	92,50 Aa	100,00 Aa	98,50
clomazone	1080	56,75 ABb	75,75 Ab	10,00 Db	29,50 Cc	38,75 BCB	42,35
Média		51,35	82,92	70,00	61,17	78,75	--
F _(Herb x esp) = 14,45** F _(Herb) = 130,37** F _(Esp) = 12,54** DMS _(Herb) = 18,10 DMS _(Esp) = 26,56 CV _(Herb) = 15,71 CV _(Esp) = 13,44							

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 17. Controle percentual das plantas daninhas em solo argiloso, aos 240 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)					Média
	<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00 Aa ¹	53,75 Bb	100,00 Aa	47,5 Bb	93,75 Aa	79,00
indaziflam 100	100,00 Aa	96,25 Aa	100,00 Aa	92,50 Aa	95,00 Aa	96,75
clomazone 1080	20,00 Bb	57,50 Ab	10,00 Bb	10,00 Bc	35,00 ABb	26,50
Média	73,33	69,17	70,00	50,00	74,58	--
$F_{(Herb \times esp)} = 10,05^{**}$ $F_{(Herb)} = 183,62^{**}$ $F_{(Esp)} = 7,44^{**}$ DMS _(Herb) = 21,61 DMS _(Esp) = 25,76 CV _(Herb) = 17,85 CV _(Esp) = 18,82						

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; **Significativo a 1%.

Tabela 18. Porcentagem de redução na massa seca das plantas daninhas em solo argiloso, aos 240 DAA. Piracicaba, 2018

Tratamento (g i.a. ha ⁻¹)	Redução da massa seca (%)					Média
	<i>D. horinzontalis</i>	<i>P. maximum</i>	<i>R. conchinchinensis</i>	<i>U. decumbens</i>	<i>U. plantaginea</i>	
indaziflam 75	100,00 Aa ¹	47,83 Bb	100,00 Aa	45,02 Bb	93,37 Aa	77,24
indaziflam 100	100,00 Aa	100,00 Aa	100,00 Aa	92,72 Aa	96,02 Aa	97,79
clomazone 1080	23,19 Bb	59,79 Ab	14,29 Bb	28,41 ABb	47,33 ABb	34,60
Média	74,4	69,21	71,43	55,38	78,91	--
$F_{(Herb \times esp)} = 6,33^{**}$ $F_{(Herb)} = 102,43^{**}$ $F_{(Esp)} = 3,25^{*}$ DMS _(Herb) = 28,46 DMS _(Esp) = 34,45 CV _(Herb) = 20,37 CV _(Esp) = 24,38						

¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; *Significativo a 5%;

**Significativo a 1%.

2.4. Discussão

Na literatura ainda são escassos os dados de controle em campo proporcionado pelo indaziflam às espécies de plantas daninhas utilizadas nesse estudo. Porém, seu alto período residual de controle (~ 200 dias) foi observado por Brosnan et al. (2012), onde verificaram que os tratamentos que continham indaziflam proporcionaram um controle de 100% de *Poa annua*, em todos os períodos de avaliação até 196 DAA, mesmo na dose de 30 g i.a. ha⁻¹. Brosnan et al. (2011) ao avaliar o controle de capim-colchão (*D. ischaemum*) pelo indaziflam, nas doses de 30, 52,5 e 70 g i.a. ha⁻¹, observaram que independente da época de aplicação (pré-emergência antecipada e pré-emergência), todas as doses de indaziflam foram eficazes, apresentando controle acima de 91% até 195 DAA.

Perry et al. (2011) realizaram um estudo com indaziflam em duas modalidades de aplicação sendo aplicações isoladas e sequenciais, sendo esta última com intuito de se aumentar o período residual de controle. As aplicações isoladas ocorreram meses de outubro e novembro sendo utilizadas doses de 40 e 60 g i.a. ha⁻¹ e nas aplicações sequenciais, ocorreram nos meses de março, outubro e novembro do ano seguinte utilizaram doses de 20, 40 e 60 g i.a. ha⁻¹. O indaziflam aplicado de forma isolada na dose de 60 g i.a. ha⁻¹ em novembro proporcionou um controle superior a 90% das espécies *P. annua* aos 140 DAA e *D. sanguinalis* aos 203 DAA. Isso demonstra sensibilidade das espécies do gênero *Digitaria sp.* ao herbicida indaziflam, onde mesmo utilizando-se doses inferiores as doses utilizadas no presente estudo obtiveram um alto período de controle, não necessitando de aplicações sequenciais para controle destas espécies.

Brosnan & Breeden (2012) avaliaram o indaziflam aplicado em pré-emergência, pós-emergência e aplicação em pré com sequencial em pós-emergência em casa de vegetação, na dose de 52,5 g i.a. ha⁻¹. Os autores concluíram que o indaziflam aplicado em pré-emergência com reaplicação em pós-emergência proporcionou um controle de 84 a 93%, com uma redução da biomassa da parte aérea de 95 a 98% de *D. ischaemum* aos 35 DAA.

Henry et al. (2012) observaram que a aplicação de indaziflam em março de 2011 em solo com textura franco-arenosa (pH = 7,8 e M.O. = 1,2%) utilizando doses de 35 e 52,5 g i.a. ha⁻¹ e setembro de 2010 nas mesmas doses, com reaplicação de 35 g i.a. ha⁻¹ no mês de março de 2011, promoveu um controle de 100% de *Digitaria spp.* avaliada aos 90 DAA. Porém, 52,5 g i.a. ha⁻¹ aplicados no mês de setembro de 2010 promoveu um controle insatisfatório (6%) aos 300 DAA, sendo necessária reaplicação do herbicida no mês de março para ter um controle satisfatório. A ausência de controle obtida nesse período pode ter ocorrido devido a dose utilizada do indaziflam neste estudo. No presente experimento as doses de 75 e 100 g i. a. ha⁻¹

proporcionaram um controle acima de 97% para a espécie *D. horinzontalis* aos 240 DAA nos dois solos estudados.

Com exceção do *P. maximum*, o indaziflam demonstrou um controle ligeiramente superior das demais espécies avaliadas no solo argiloso, mesmo na dose de 75 g i.a. ha⁻¹. As propriedades físico-químicas referentes ao indaziflam sugerem que a molécula pode ser moderadamente móvel no solo ($S_w = 4,4 \text{ mg L}^{-1}$ a pH 4,0) devido à longa persistência ($T_{1/2} > 150$ dias) associada à baixa solubilidade em água ($S_w = 2,2 \text{ mg L}^{-1}$ a pH 7,0 a 9,0) e sorção moderada ($K_d = 4,9$ a $27,4 \text{ g mL}^{-1}$) (Alonso et al., 2011; Tompkins, 2010).

A *U. decumbens* não foi eficazmente controlada pelo indaziflam na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ no solo franco-arenoso, assim como a *U. plantaginea* na dose de 75 g i.a. ha⁻¹, aos 240 DAA. No entanto, o indaziflam proporcionou um controle acima de 90% no solo de textura argilosa e maior concentração de matéria orgânica, para as mesmas espécies, nesta mesma época de avaliação. Isso pode ter ocorrido devido a maior persistência no solo argiloso com maior teor de matéria orgânica, proporcionando maior período residual de controle. Como o solo argiloso também possui maior teor de matéria orgânica, possivelmente maiores quantidades do herbicida ficaram sorvidas ao solo, sendo que as chuvas que ocorreram durante a condução do experimento possibilitaram a dessorção do herbicida, como observado por Silva (2018), em que a presença de água possibilita a biodisponibilidade do herbicida, promovendo uma dessorção gradual de forma contínua para a solução do solo.

Como o solo de textura franco-arenosa tem menor teor de matéria orgânica, aproximadamente 0,7 %, o indaziflam foi menos sorvido ficando mais disponível para ocorrer degradação e transporte no solo. Jhala et al. (2012) avaliaram a lixiviação do indaziflam em solo com textura arenosa (91,6% de areia e M.O. = 0,4%) em função de doses do herbicidas e diferentes precipitações, e concluíram que o herbicida pode lixiviar até 30 cm, na dose de 145 g i.a. ha⁻¹ sob uma precipitação de 150 mm.

Outro fator que poderia influenciar na disponibilidade do indaziflam é o pH do solo, pois é um ácido fraco ($pK_a = 3,5$), ou seja, está na forma dissociada na solução do solo que possui valor de $pH > 3,5$. Assim, está menos sorvido e consequentemente mais disponível na solução do solo. Porém, nos dois solos estudados os valores de pH são muito próximos ($pH = 5,3$ solo argiloso e $5,5$ no solo franco-arenoso) e não devem ter influenciado na dinâmica do herbicida neste estudo, como observado por Sebastian et al. (2017), onde a variação no pH dos solos utilizados em seu trabalho foram baixas e não influenciaram a dinâmica do indaziflam.

Em estudo realizado por Inoue et al. (2011) onde avaliou-se o efeito residual do clomazone utilizando como espécie bioindicadora *U. decumbens*, observaram que o herbicida

apresentou efeito residual satisfatório quando aplicado na dose de 1100 g i.a. ha⁻¹ em solo argiloso, mantendo o controle acima de 80% até os 71 DAA. Porém, em solo arenoso o controle foi baixo a partir dos 21 DAA, mesmo na dose de 1200 g i.a. ha⁻¹. Esses resultados corroboram com o presente estudo, onde o clomazone proporcionou um controle abaixo de 80% de *R. conchinchinensis* e *U. decumbens* a partir de 60 DAA em solo-franco-arenoso, sendo que no solo de textura argilosa este nível de controle só foi observado a partir de 120 DAA para estas espécies.

O controle de *U. decumbens*, *D. horizontalis* e *P. maximum* pelo clomazone na dose de 1200 g i. a. ha⁻¹ também foi avaliado por Correia et al. (2012), em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente, com e sem palha sobre o solo. Os autores observaram que o clomazone, em área sem palha, proporcionou um controle aos 92 dias de 53,8, 93,1 e 100% para as espécies *U. decumbens*, *D. horizontalis* e *P. maximum*, respectivamente. Assim como observado no presente estudo, onde a *U. decumbens* foi uma das espécies menos suscetível ao clomazone, sendo que aos 90 DAA no solo franco-arenoso o controle foi de 23,75%. O *P. maximum* foi a mais sensível ao herbicida, com controle de 95 e 99,5% no solo franco-arenoso e argiloso, respectivamente, na mesma data de avaliação.

O clomazone proporcionou um controle abaixo de 25% em ambos os solos para a espécie *R. conchinchinensis* a partir de 120 DAA, como também observado por Correia & Gomes (2014), onde em áreas com alta infestação desta espécie o clomazone na dose de 1600 g i.a. ha⁻¹ proporcionou um controle de 30% aos 111 DAA, mesmo utilizando uma dose superior a utilizada no presente trabalho (1080 g i.a. ha⁻¹).

O baixo teor de matéria orgânica (0,7 %) do solo franco-arenoso (Tabela 1) pode ter sido o fator que proporcionou um menor período de controle das espécies estudadas, como observado por Loux et al., (1989), onde a sorção e a persistência do clomazone foi maior em um solo argiloso com 5,8% de matéria orgânica do que em um limo siltoso com 1,3% de matéria orgânica, sendo a constante de sorção (K_d) do clomazone linearmente correlacionada com o carbono orgânico.

O clomazone possui valores de K_{oc} (coeficiente de sorção normalizado pelo carbono orgânico do solo) de 139, 196, 203 e 608 mL g⁻¹ para solos franco-arenoso, franco-argilo-siltoso, arenoso e siltoso, apresentando alta solubilidade em água ($S_w = 1100$ mg L⁻¹) e tempo de meia vida de 28 a 173 dias (EPA, 2005). Essas características conferem ao herbicida uma mobilidade considerada moderada dependendo do solo e como na condução do experimento ocorreu uma precipitação de aproximadamente 100 mm no 4º decêndio (Figura 1), o herbicida

pode ter sido mais lixiviado no solo franco-arenoso, diminuindo sua concentração na camada onde havia maior quantidade de sementes de plantas daninhas a serem controladas.

2.5. Conclusões

O indaziflam na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ foi eficaz no controle das espécies de plantas daninhas estudadas na presente pesquisa até 240 DAA em solo com textura franco-arenosa, exceto para a espécie *U. decumbens*. Em solo de textura argilosa o indaziflam na dose 100 g i.a. ha⁻¹ proporcionou um controle excelente de todas as espécies avaliadas até 240 DAA.

O clomazone foi eficaz no controle de *P. maximum* até 90 DAA, sendo que o mesmo não foi observado para as demais espécies. Em solo argiloso, o clomazone apresentou bom controle até 90 DAA para todas as espécies avaliadas.

Referências

- ALONSO, D. G.; KOSKINEN, W. C.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; MISLANKAR, S. Sorption-desorption of indaziflam in selected agricultural soils. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 59, n. 24, p. 13096-13101, 2011.
- ARÉVALO, R. A.; BERTONCINI, E. Biologia e manejo de *Rottboellia exaltata* L.f. na cultura da cana-de-açúcar *Saccharum* spp.: Análise do problema. Piracicaba: Estação Experimental de Cana-de-açúcar/IAC, 1994. 24p.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS – ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. *ALAM*, v. 1, n. 1, p. 35-38, 1974.
- BROSNAN, J. T.; BREEDEN, G. K. Application placement affects postemergence smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*) and annual bluegrass (*Poa annua*) control with indaziflam. *Weed Technology*, v.26, n.4, p.661-665, 2012.
- BROSNAN, J. T.; BREEDEN, G. K.; MCCULLOUGH, P. E.; HENRY, G. M. Pre and Post Control of Annual Bluegrass (*Poa annua*) with Indaziflam. *Weed Technology*. v.26, n.1, p. 48-53, 2012.
- BROSNAN, J. T.; MCCULLOUGH, P. E.; BREEDEN, G. K. Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. *Weed Technology*, v. 25, n. 3, p. 363-366, 2011.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. *Planta Daninha*, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CHRISTOFFOLETI, J. C.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P. Capim-colchão na cana: os danos causados pela infestação do capim-colchão (*Digitaria* spp.) nos canaviais e as recomendações para controlá-lo. *IDEA News*, ano 5, n.55, p.30- 32, 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; DAMIN, V.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba: CP, 2, 72 p. 2009.

CORREIA, N. M.; GOMES, L. J. P. Seed bank and control of *Rottboellia exaltata* using clomazone alone and in combination with other herbicides. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 4, 2014.

CORREIA, N. M.; KRONKA JR., B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. *Planta Daninha*, v. 28, p. 1143-1152, 2010.

CORREIA, N. M.; PERUSSI, F. J.; GOMES, L. J. P. S-metolachlor efficacy on the control of *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, and *Panicum maximum* in mechanically green harvested sugarcane. *Planta Daninha*, v. 30, n. 4, p. 861-870, 2012

Environmental Protection Agency - EPA. 2005. Pesticide Fact Sheet: Clomazone. Disponível em: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-125401_3-May-05_a.pdf . Acessado em 08 de abril de 2019.

FIGUEIREDO, P. A. M. D.; RAMOS, S. B.; VIANA, R. S.; LISBOA, L. A. M.; HEINRICHS, R. Alterações morfoanatômicas foliares da cana-de-açúcar na fase de estabelecimento em condições de matocompetição. *Planta Daninha*, p. 777-784, 2013.

GAJEGO, G. B. Interferência de *Digitaria nuda* no desenvolvimento inicial de plantas de cana-de-açúcar. 2016. 81 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

HENRY, G. M.; BROSNAN, J. T.; BREEDEN, G. K.; COOPER, T.; BECK, L. L.; STRAW, C. M. Indaziflam programs for weed control in overseeded bermudagrass turf. *Horttechnology*, v. 22, n. 6, p. 774-777, 2012.

INOUE, M. H.; SANTANA, C. T. C.; OLIVEIRA, J. R.; POSSAMAI, A. C. S.; SANTANA, D. C.; ARRUDA, R. A. D.; SZTOLTZ, C. L. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. *Planta Daninha*, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2011.

JHALA, A. J.; RAMIREZ, A. H. M; SINGH, M. Leaching of indaziflam applied at two rates under different rainfall situations in Florida Candler soil. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, v. 88, n. 3, p. 326-332, 2012.

KAAPRO, J.; HALL, J. Indaziflam-a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. *Weed Science Research, Special Issue*, v. 18, p. 267-270, 2012.

KUVA, M. A. GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). *Planta Daninha*, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III-capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). *Planta Daninha*, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

LOUX, M. M.; LIEBL, R. A.; SLIFE, F. W. Adsorption of clomazone on soils, sediments, and clays. *Weed Science*, v. 37, n. 3, p. 440-444, 1989.

MEIRELLES, G. L. S.; ALVES, P. L. C. A.; NEPOMUCENO, M. P. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 27, n. 1, p. 67-73, 2009.

MYERS, D. F.; HANRAHAN, R.; MICHEL, J.; MONKE, B.; MUDGE, L.; OLSEN, C.; PARKER, A.; SMITH, J.; SPAK, D. Indaziflam/BCS AA170717 a new herbicide for preemergent control of grasses and broadleaves in turf and ornamentals. *Proc. South Weed Science Soc. Abstr.*, v. 62, p. 393, 2009.

PERRY, D. H.; MC ELROY, J. S.; DOROH, M. C.; WALKER, R. H. Indaziflam Utilization for Controlling Problematic Turfgrass Weeds. *Applied Turfgrass Science*, v. 8, n. 1, p. 0-0, 2011.

PIMENTEL-GOMES F.; GARCIA C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil, 2002.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; GALON, L. Plantas daninhas. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.(s)). Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, p. 139-176, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Viçosa - MG, 2003. 150p.

PROCÓPIO, S. P.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: Vargas L & Roman ES (Eds.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho. p.397-452, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. (2018). Guia de herbicidas (7 ed.). Londrina PR: Edição dos autores.

SEBASTIAN, D. J.; NISSEN, S. J.; WESTRA, P.; SHANER, D. L.; BUTTERS, G. Influence of soil properties and soil moisture on the efficacy of indaziflam and flumioxazin on *Kochia scoparia* L. Pest management science, v. 73, n. 2, p. 444-451, 2017.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 367 p.

SILVA, I. A. B.; KUVA, M. A.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. (2009). Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. Planta daninha, v. 27, n. 2, p. 265-272, 2009.

SILVA, P. V. Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas do solo. 2018. 144 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TOMPKINS, J. Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. Environmental Protection Agency. Unites States, 2010. Disponível em: http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf . Acessado em: 30 de maio de 2019.

TUKEY, J.W. Comparing individual means in the analysis of variance. Biometrics, v. 5, n. 2, p. 99-114, 1949.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. Visão Agrícola, Piracicaba, v. 1, n.1 p. 32-37, 2004.

3. ÍNDICE DE SELETIVIDADE DO INDAZIFLAM A CANA-DE-AÇÚCAR IAC SP95 – 5000 EM DOIS SOLOS DE CLASSES TEXTURAIS DISTINTAS

Resumo

As características físicas, químicas e biológicas do solo associadas as características físico-químicas dos herbicidas pré-emergentes podem influenciar diretamente em sua dinâmica, afetando a quantidade da molécula disponível na solução e consequentemente sua seletividade. Índice de seletividade é uma forma de se avaliar a seletividade de um herbicida a determinada cultura observando seus efeitos sobre a comunidade infestante. Assim, objetivou-se com este estudo obter o índice de seletividade do herbicida indaziflam a cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 em função de cinco espécies de plantas daninhas, em dois solos com texturas distintas. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições, em dois solos com texturas distintas. Os tratamentos foram compostos por doses do herbicida indaziflam (0; 12,5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 e 1600 g i.a. ha⁻¹), aplicado em pré-emergência da cultivar de cana-de-açúcar e das espécies *U. decumbens*, *U. plantaginea*, *D. horizontalis*, *P. maximum* e *R. cochinchinensis*. Foram realizadas avaliação de controle visual, fitointoxicação e coleta de massa seca da parte aérea e raízes da cultivar e das espécies de plantas daninhas. O indaziflam foi seletivo a cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 em ambos os solos avaliados, sendo que o índice de seletividade foi superior a 1 para todas as espécies avaliadas em solo argiloso. Não foi possível a obtenção do índice de seletividade para o solo franco-arenoso devido a suscetibilidade das espécies ao herbicida.

Palavras-chave: Controle; Pré-emergência; *Saccharum spp*; *U. decumbens*

Abstract

The physical and chemical characteristics of the soil associated with the physicochemical characteristics of pre-emergent herbicides can directly influence its dynamics, affecting the amount of available molecule in the soil solution and consequently its selectivity. Selectivity index is a way of assessing the selectivity of a herbicide to a given crop by observing its effects on the crop and the weed community. Thus, the objective of this study was to obtain the selectivity index of indaziflam herbicide to sugarcane cultivar IACSP95-5000 as a function of five weed species in two soils with different textures. The experiment was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with nine treatments and four replications in two soils with different textures. The treatments consisted of indaziflam's doses (0; 12.5; 25; 50; 100; 200; 400; 800 and 1600 g a.i ha⁻¹), applied in pre-emergence of the sugarcane and of the species *U. decumbens*, *U. plantaginea*,

D. horizontalis, *P. maximum* and *R. cochinchinensis*. Visual control, injury and dry mass collection of aerial part and roots of sugarcane and weed species were evaluated. Indaziflam was selective to IACSP95-5000 sugarcane in both evaluated soils, and the selectivity index was higher than 1 for all evaluated species in clay soil. It was not possible to obtain the selectivity index for sandy loam soil due to species susceptibility to herbicide.

Keywords: Control; Pre-emergence; *Saccharum* spp; *U. decumbens*

3.1. Introdução

Na cultura da cana-de-açúcar o controle químico de plantas daninhas é o método mais utilizado (Campos et al., 2009; Reis, et al. 2019), sendo o consumo de herbicida elevado, principalmente em razão da grande extensão das áreas plantadas. Para um controle químico de sucesso é muito importante conhecer a ação dos herbicidas na fisiologia da planta, dos fatores envolvidos na seletividade e do comportamento dos herbicidas no solo (Victoria filho e Christoffoleti, 2004).

A seletividade pode ser definida como a capacidade de um herbicida em controlar plantas daninhas sem afetar as plantas de interesse, ou seja, sem reduzir a produtividade da cultura (Velini & Negrisoli, 2000; Crafts, 1946). O metabolismo diferencial é o principal mecanismo que permite a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência, com danos mínimos para a cultura, onde as principais reações bioquímicas que geralmente resultam em detoxificação dos herbicidas em plantas superiores são: oxidação, redução, hidrólise, desalquilação e conjugação (Silva & Silva 2007; Hathway, 1988; Hess, 1985, Harrison et al., 1992). A seletividade de um herbicida também pode ocorrer em função de fatores relacionados as características das plantas, como translocação e absorção diferencial, idade das plantas, cultivar, dimensões das sementes ou estruturas propagativas e fatores relacionados as características dos herbicidas e ao seu modo de aplicação, como dose, formulação e seletividade por posição (Oliveira Jr. & Inoue, 2011).

Além dos fatores relacionados as plantas, a seletividade dos herbicidas no solo também é diferente, sendo a classe textural em conjunto com o teor de matéria orgânica um dos principais fatores envolvidos na dinâmica dos herbicidas no solo (Silva & Silva, 2007; Inoue et al., 2009). Com isso, as características físicas, químicas e biológicas do solo influenciam diretamente na sorção do herbicida, afetando a quantidade da molécula disponível na solução e consequentemente influenciando na seletividade dos herbicidas aplicados em pré-emergência

(Karpinski et al., 2014), onde esta modalidade de aplicação é uma das mais utilizadas na cultura da cana-de-açúcar (Monquero et al., 2011; Toledo et al. 2017).

As plantas daninhas que compõe o banco de sementes também podem ser um fator na determinação da seletividade do herbicida, onde plantas de difícil controle necessitam de doses maiores, e com isso pode-se aumentar as chances de injúrias à cultura.

A avaliação da toxicidade de um herbicida a determinada cultura pode ser realizada atribuindo-se notas visuais em função da gravidade das injúrias, comparando-se as plantas tratadas com uma testemunha onde não houve a aplicação do herbicida. Porém, em algumas condições são observadas reduções no rendimento das culturas após a aplicação de herbicidas mesmo estes não causando injúrias visuais (Carvalho et al., 2009; Miller & Westra, 1998). Portanto, na avaliação da seletividade, além dos sintomas visuais de intoxicação, é importante considerar fatores correlacionados a produtividade da cultura (Monquero et al.; 2011).

Outros métodos podem ser adotados na avaliação da seletividade de herbicidas, como o índice de seletividade (SI). Este índice pode ser definido como a razão entre ED10 da cultura e ED90 da planta daninha. Quanto maior o SI, mais seletivo será o herbicida (Wang et al., 2018). Segundo Ritz & Streibig (2005) em alguns casos temos que aceitar uma pequena injúria ou uma diminuição na produção visando-se um controle eficaz das plantas daninhas. Por exemplo, a uma redução de 10% segundo os autores pode ser tolerada (ED10), enquanto 90% de controle da planta daninha (ED90) pode ser considerado um nível de controle satisfatório.

O indaziflam é um novo herbicida pertencente a nova classe química alkylazine, de uso em pré-emergência de plantas daninhas Liliopsidas e Magnoliopsidas (Brosnan et al., 2012). Este herbicida apresenta seletividade principalmente à culturas semiperenes e perenes, sendo pouco seletivo para culturas anuais (Guerra et. al., 2013).

Em vista disso, objetivou-se avaliar a seletividade do herbicida indaziflam, calculando-se o índice de seletividade para a cultura da cana-de-açúcar em função de cinco espécies de plantas daninhas liliopsidas em dois solos com classes texturais distintas.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Delineamento e condições experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil, no período entre 21 de janeiro a 19 de março de 2019.

Para a realização do experimento utilizou-se um solo argiloso e um franco-arenoso (Tabela 1). Após peneirados foram condicionados em vasos plásticos de cinco litros para o plantio de cana-de-açúcar e semeadura das espécies de plantas daninhas.

Tabela 1. Resultados das análises químicas e físicas dos solos. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Solo Argiloso

pH (CaCl ₂)	H+Al	P	M.O. ¹	K	Ca	Mg	SB ²	CTC ³	V ⁴
5,3	47,0	12,0	42,0	2,3	55,0	9,0	66,3	113,3	59
Argila			Silte			Areia	Textura		
43,4			16,0			40,6	Argilosa		

Solo Franco-arenoso

pH (CaCl ₂)	H+Al	P	M.O.	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
5,4	28,0	10,0	18,0	1,3	26,0	7,0	34,3	62,3	55
Argila			Silte			Areia	Textura		
20,1			5,8			74,0	Franco-arenosa		

Unidades: H+Al, K, Ca, Mg, SB e CTC (mmol_c dm⁻³); P (resina) (mg dm⁻³); M.O. (calorimetria) (g dm⁻³); V, argila, silte, areia (%). ¹M.O. - matéria orgânica, ²SB – soma de bases, ³CTC – capacidade de troca de cátions, ⁴V – saturação de bases.

Foram utilizadas cinco espécies de plantas daninhas com importância expressiva no setor canavieiro, como o capim-braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster), capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e capim-camalote (*Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton). As sementes das espécies foram adquiridas na empresa Agrocósmos, Engenheiro Coelho, São Paulo, Brasil.

Como existem diferenças na classificação dos solos, foi escolhido uma cultivar de cana-de-açúcar com boa adaptação em diferentes ambientes de produção. A cultivar utilizada foi a IACSP95-5000 (SP84-2066 x SP80-185), sendo indicada para ambientes médios - favoráveis (A1 - C2) e adaptada praticamente a todas as regiões de cultivo da região Centro-Sul do Brasil (Instituto Agrônômico de Campinas [IAC], 2018).

O plantio da cana-de-açúcar e a semeadura das espécies de plantas daninhas ocorreram no dia 22 de janeiro de 2019. O plantio da cana-de-açúcar foi realizado utilizando-se três rebolos por vaso da variedade IACSP 95–5000, onde cada rebolo continha uma gema viável. Os rebolos foram plantados a uma profundidade de 8 cm. Na semeadura das espécies de plantas daninhas foram utilizadas 100 sementes por vaso, sendo cobertas com uma camada de solo de aproximadamente 2 cm.

Foi aplicado indaziflam (Allion[®] Bayer Crop Science Ind. Ltda, Brasil) nas doses 0, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, e 16 vezes a dose de 100 g i.a. ha⁻¹, equivalendo a 0; 12,5; 25; 50; 100;

200; 400; 800 e 1600 g i.a. ha⁻¹ do herbicida. Foi utilizado delineamento inteiramente aleatorizado com quatro repetições, onde cada vaso compunha uma unidade experimental.

A aplicação do indaziflam ocorreu em pré-emergência total das plantas daninhas e da cana-de-açúcar um dia após a semeadura e plantio (23/01/2019). No momento da aplicação os solos franco-arenoso e argiloso apresentavam uma umidade de 14,73 e 23,36%, respectivamente. Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal pressurizado a CO₂, com barra equipada com quatro pontas de pulverização (XR 11002, TeeJet® Technologies South America, Brasil), a uma pressão de 2 bar, trabalhando a uma altura de 50 cm da superfície dos vasos, e a uma velocidade de 1 m s⁻¹, atingindo uma faixa aplicada de 50 cm de largura por ponta de pulverização, e propiciando um volume de calda de 200 L ha⁻¹.

3.2.2. Avaliação e coleta de dados

Foram feitas avaliações visuais dos sintomas de fitointoxicação, atribuindo notas percentuais a cada unidade experimental (0 para ausência de sintomas até 100% para plantas mortas), considerando-se neste caso sintomas significativamente visíveis nas plantas, de acordo com seu desenvolvimento (Velini et al., 1995). Esta avaliação foi realizada aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA).

A avaliação de massa seca da parte aérea e raiz foi realizada aos 60 DAA. Para gerar o índice de seletividade foram coletadas as plantas de cana-de-açúcar e as espécies de plantas daninhas, sendo cortadas rentes ao solo e acondicionadas em sacos de papel e sistema radicular foi separado e lavado em água corrente até limpeza completa e posteriormente acondicionados em sacos de papel. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas e pesadas em balança semi-analítica.

3.2.3. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância para verificar se as doses do herbicida indaziflam foram significativas em relação às espécies de plantas daninhas e da cana-de-açúcar. Para isso, foram utilizados somente os dados da variável massa seca total, pois os dados de controle visual e de fitointoxicação apresentaram grande variabilidade, não se ajustando na curva dose-resposta, e com isso, não sendo apresentados no trabalho. O modelo

de regressão logística não linear foi ajustado usando o pacote DRC no software R (Ritz et al., 2015; Streibig, 1988), como demonstra a equação 1.

$$Y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (1)$$

Onde:

Y = massa seca total;

a = valor máximo,

x = dose do herbicida indaziflam em g i.a. ha⁻¹;

b = é a dose que fornece 10, 50 e 90% de redução da massa seca total (ED10, ED50 e ED90);

C = inclinação da curva.

O cálculo do índice de seletividade para cana-de-açúcar em função das espécies de plantas daninhas foi obtido pela equação 2 e levou em consideração a dose do herbicida necessária para uma redução de 10% na massa seca total da cana-de-açúcar e 90% na massa seca total das espécies de plantas daninhas, sendo essas doses obtidas pela formula 1.

$$SI = \frac{ED10(cana-de-açúcar)}{ED90(planta\ daninha)} \quad (2)$$

Onde:

SI = índice de seletividade;

ED10 = dose do herbicida que proporciona 10% de redução da massa seca total da cana-de-açúcar;

ED90 = dose do herbicida que proporciona 90% de redução da massa seca total da planta daninha.

3.3. Resultados

No solo de textura franco-arenosa, as espécies de plantas daninhas foram muito suscetíveis ao indaziflam, inclusive 1/4 da dose recomendada (25 g i.a. ha⁻¹) forneceu 100% de controle (Tabela 2). Em razão disso, os dados de massa seca (y) das plantas daninhas não se ajustaram ao modelo log-logístico de três parâmetros proposto para estimar o índice de seletividade. Porém, pode-se observar que as espécies *U. decumbens*, *D. horizontalis* e *P. maximum* foram as mais controladas pelo herbicida neste solo, onde na dose de 12,5 g i.a. ha⁻¹ apresentaram reduções na massa seca de 90% (Tabela 2).

A cana-de-açúcar IACSP95-5000 em solo de textura franco-arenosa apresentou uma redução de 10% na massa seca (ED10) na dose de 137 ± 80 g i. a. ha⁻¹ e uma redução de 50% na massa seca (ED50) na dose de 746 ± 170 g i. a. ha⁻¹ (Tabela 2). A mesma cultivar em solo argiloso apresentou uma ED10 maior, sendo de 353 ± 110 g i. a. ha⁻¹ e ED90 de 671 ± 80 g i. a. ha⁻¹ (Tabela 3). Com isso, a porcentagem de redução da matéria seca total (ED10) dessa cultivar em solo de textura franco-arenosa ocorreu com uma menor dose do herbicida indaziflam (Figura 1).

Em solo argiloso a espécie mais suscetível ao indaziflam foi a *D. horizontalis*, onde 90% de controle da espécie (ED90) foi obtido na dose de 25 g i.a. ha⁻¹, não ajustando ao modelo (Figura 3). A espécie *R. cochinchinensis* foi a espécie menos controlada pelo herbicida, seguida pelas espécies *U. plantaginea*, *P. maximum* e *U. decumbens*, onde a redução em 90% na massa seca total foi obtida nas doses de 193 ± 50 ; 152 ± 50 ; 124 ± 150 e 94 ± 30 g i. a. ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

O índice de seletividade foi maior em função da espécie *U. decumbens* sendo de 3,75, seguidas pelas espécies *P. maximum* com 2,79; *U. plantaginea* com 2,32; e *R. cochinchinensis* com 1,82, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2. Índice de seletividade (SI) e dose efetiva (ED) do herbicida indaziflam que causam reduções na massa seca em 10% e 50% para a cultivar de cana-de-açúcar e reduções de 50% e 90% nas espécies de plantas daninhas em solo de textura franco-arenosa.

Cultura / planta daninha	ED ₁₀ ¹ ± SE ²	ED ₅₀ ³ ± SE	ED ₉₀ ⁴ ± SE	SI ⁵
	g i.a. ha ⁻¹			
IACSP95-5000	137,83 ± 81,48	746,01 ± 171,59	-	-
<i>U. decumbens</i>	-	≤ 12,50	≤ 12,50	-
<i>U. plantaginea</i>	-	≤ 12,50	≤ 25,00	-
<i>D. horizontalis</i>	-	≤ 12,50	≤ 12,50	-
<i>P. maximum</i>	-	≤ 12,50	≤ 12,50	-
<i>R. cochinchinensis</i>	-	≤ 12,50	≤ 25,00	-

¹ED₁₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 10% da cultura; ²SE desvio padrão dos parâmetros; ³ED₅₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 50% para a cultura e planta daninha; ⁴ED₉₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 90% para a planta daninha; ⁵SI - índice de seletividade.

Tabela 3. Índice de seletividade (SI) e dose efetiva (ED) do herbicida indaziflam que causam reduções na massa seca em 10% e 50% para a cultivar de cana-de-açúcar e reduções de 50% e 90% nas espécies de plantas daninhas em solo de textura argilosa.

Cultura/ planta daninha	ED ₁₀ ¹ ± SE ²	ED ₅₀ ³ ± SE	ED ₉₀ ⁴ ± SE	SI ⁵
	g i.a. ha ⁻¹			
IACSP95-5000	353,23 ± 109,37	671,07 ± 80,62	-	-
<i>U. decumbens</i>	-	19,85 ± 3,25	94,02 ± 34,31	3,76
<i>U. plantaginea</i>	-	27,59 ± 7,65	152,00 ± 53,25	2,32
<i>D. horizontalis</i>	-	≤ 12,50	≤ 25,00	-
<i>P. maximum</i>	-	10,35 ± 3,78	124,39 ± 52,77	2,84
<i>R. cochinchinensis</i>	-	65,50 ± 10,78	193,02 ± 48,46	1,83

¹ED₁₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 10% da cultura; ²SE desvio padrão dos parâmetros; ³ED₅₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 50% para a cultura e planta daninha; ⁴ED₉₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca total em 90% para a planta daninha; ⁵SI - índice de seletividade.

Figura 1. Redução (%) da matéria seca total da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95 – 5000 em função de doses de indaziflam em solos com diferentes texturas.

Figura 2. Redução (%) da matéria seca total das espécies de plantas em função de doses do herbicida indaziflam em solo de textura argilosa.

A cana-de-açúcar IACSP95-5000 teve seu sistema radicular mais afetado com doses menores do herbicida indaziflam quando comparado a sua parte aérea em solo franco-arenoso (Figura 3), onde o ED10 para o sistema radicular foi obtido com a dose de $95,15 \pm 89,59$ g i. a. ha^{-1} e para a parte aérea foi de $162,61 \pm 112,12$ g i. a. ha^{-1} (Tabela 4). As doses do herbicida para ED50 neste mesmo solo, também foram maiores para parte aérea $938,19 \pm 239,04$ g i.a. ha^{-1} e para o sistema radicular foi de $530,40 \pm 147,77$ g i.a. ha^{-1} .

No solo de textura argilosa o sistema radicular foi mais afetado com doses menores do herbicida quando comparado a parte aérea (Figura 4), onde o ED10 foi obtido nas doses de $306,93 \pm 97,72$ g i. a. ha^{-1} para raiz e $361,22 \pm 111,81$ g i. a. ha^{-1} para parte aérea. Porém, as

doses necessárias para ED50 no sistema radicular foram maiores para este solo, sendo de $837,51 \pm 111,49$ g i. a. ha^{-1} para raiz e $770,09 \pm 71,07$ g i. a. ha^{-1} para a parte aérea, (Tabela 4).

Figura 3. Porcentagem de redução da matéria seca de parte aérea e raiz das da cultivar IACSP95 – 5000 em função de doses do herbicida indaziflam em solo de textura franco-arenosa.

Figura 4. Porcentagem de redução da matéria seca de parte aérea e raiz das da cultivar IACSP95 – 5000 em função de doses do herbicida indaziflam em solo de textura argilosa.

Tabela 4. Doses do herbicida indaziflam que causam reduções na massa seca em 10% e 50% da cultivar IACSP95-5000 em função da parte da planta e textura do solo.

Solo	Parte da planta	ED ₁₀ ¹ ± SE ²	ED ₅₀ ³ ± SE
		g i.a. ha ⁻¹	
Textura argilosa	Parte aérea	361,22 ± 111,81	770,09 ± 71,07
	Raiz	306,93 ± 97,72	837,51 ± 111,49
Textura franco-arenosa	Parte aérea	162,61 ± 112,12	938,19 ± 239,04
	Raiz	95,15 ± 89,59	530,40 ± 147,77

¹ED₁₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa de parte aérea e raiz em 10%; ²SE - desvio padrão dos parâmetros; ³ED₅₀ - dose do herbicida que proporciona redução na massa seca de parte aérea e raiz em 50%.

3.4. Discussão

Em estudo realizado por Amin et al. (2014) foi avaliado o efeito de doses de indaziflam (0, 30, 60, 90, 120 e 150 g i.a. ha⁻¹) aplicado em pré-emergência de *P. maximum*, *D. horizontalis* e *R. cochinchinensis*, em três solos com características físico-químicas distintas, concluíram que o indaziflam foi eficaz no controle das espécies, sendo que *P. maximum* e *D. horizontalis* foram controladas a partir da dose de 30 g i.a. ha⁻¹, independente da característica do solo. O indaziflam controlou mais de 80% *R. cochinchinensis* em solo argiloso a partir de 50 g i.a. ha⁻¹, sendo que nos solos franco-arenoso e arenoso seu controle foi superior a 98% a partir de 30 g i.a. ha⁻¹. Estes resultados corroboram com o presente estudo onde a espécie *D. horizontalis* foi muito suscetível ao indaziflam independente do tipo de solo, sendo todas as espécies eficazmente controladas nas primeiras doses do herbicida no solo de textura franco-arenosa. Todavia, em solo de textura argilosa as espécies *P. maximum* e *R. cochinchinensis* apresentaram uma redução de 90% na massa seca total nas doses de 124,39 ± 52,77 e 193,02 ± 48,46 g i. a. ha⁻¹, sendo superiores as doses de recomendadas do herbicida para solos com estas características (Rodrigues e Almeida, 2018).

O indaziflam foi seletivo para a cultivar de cana-de-açúcar IAC SP 95-5000. No solo de textura franco-arenosa a ED₁₀ foi menor do que a dose necessária para a mesma redução em solo de textura argilosa. Isso pode ter ocorrido pois o indaziflam apresenta correlação positiva para matéria orgânica, devido ao seu alto valor do coeficiente de sorção normalizado pelo carbono orgânico ($K_{oc} < 1000 \text{ mg g}^{-1}$) e um alto valor do coeficiente de partição octanol-água ($K_{ow}=2,8$), contribuindo para uma maior sorção a matéria orgânica e consequentemente menor disponibilidade na solução do solo, impactando na seletividade e no controle das plantas daninhas (Tompikins, 2010; Sebastian et al., 2017; Alonso et. al. 2011). Esses fatores podem ter impactado na seletividade e no controle das espécies de plantas daninhas avaliadas no presente estudo, pois o solo franco-arenoso possui teor de matéria orgânica menor (18 mg dm⁻³

³⁾ que no solo argiloso (42 mg dm^{-3}) e consequentemente para atingir a ED10 foi necessário uma dose menor do herbicida. Também no solo franco-arenoso, o indaziflam foi eficaz no controle das espécies de plantas daninhas com menores doses. Sebastian et. al (2017) avaliando a influência das propriedades físico-químicas do solo na eficácia de controle do indaziflam sobre *Kochia scoparia*, observaram que é necessário uma concentração de 10 a 100 vezes maior para promover uma redução de crescimento de 50% (ED50) para um solo com 16,8% de matéria orgânica em comparação a um solo com 0,4%.

Simões (2018) avaliando a seletividade do indaziflam durante três safras de cana-de-açúcar concluiu que o herbicida não causa injúrias à cultura mesmo utilizando a dose de $300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, em área com solo de textura arenosa. Contudo, a partir da dose de $137,83 \pm 81,48 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de indaziflam, ocorreram reduções de 10% na massa seca total. Isto pode ser explicado devido ao experimento ter sido realizado em casa-de-vegetação, onde havia sempre água disponível no sistema, sendo que a cana-de-açúcar foi cultivada em vasos, dessa forma as raízes da planta tiveram maior contato com o herbicida.

Não foi possível obter o índice de seletividade para o solo de textura franco-arenosa, devido a sensibilidade das espécies ao herbicida indaziflam neste tipo de solo. Isto pode estar correlacionado com as características físico-químicas do solo, estando o herbicida mais disponível. Pode-se considerar que o indaziflam foi muito seletivo nesse tipo de solo, devido a controlar as espécies de plantas daninhas avaliadas nas primeiras doses e por necessitar de doses relativamente elevadas para causar reduções na massa seca da cultivar de cana-de-açúcar. No solo argiloso o indaziflam também foi considerado seletivo, mesmo com a necessidade de doses maiores para controlar as espécies. O aumento do valor do SI acima de 1, indica que o herbicida é mais seletivo em função da espécie de planta daninha (Bartley, 1993).

A massa seca de raiz da cana-de-açúcar IACSP95-5000 reduziu no solo de textura franco-arenosa com menores doses do indaziflam ($95,15 \pm 89,59 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), quando comparadas com a parte aérea neste mesmo solo ($162,61 \pm 112,12 \text{ g i.a. ha}^{-1}$). Também reduziu em comparação com o solo de textura argilosa, onde as doses de indaziflam necessárias para a redução de 10% na massa seca de raiz foram $306,93 \pm 97,72 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ (Tabela 4). A redução na biomassa e morfologia do sistema radicular pelo herbicida indaziflam foi observada por vários autores (Jones et al., 2013; Jones et al., 2015; Schneider et al., 201; Brabham et al., 2014).

Schneider et al. (2015) observaram resultados semelhantes ao presente estudo, onde o crescimento de grama-seda (*Cynodon dactylon*) na areia pura, independentemente da dose de indaziflam, apresentaram maiores injúrias, com a massa das raízes e da parte aérea reduzidas em 32 e 10% até 10 cm de profundidade, respectivamente. Isso pode ser um fator que

influenciou nos resultados do presente estudo, pois os toletes de cana-de-açúcar foram plantados a uma profundidade de 8 cm, onde as primeiras raízes podem ter entrado em contato com o herbicida. Os autores também observaram que o aumento no teor de argila e principalmente a adição de matéria orgânica melhoraram significativamente a massa das raízes na dose 16 g ha⁻¹ de indaziflam, quando comparados aos solo arenoso sem matéria orgânica. No entanto, essa mesma dose causou inibição no crescimento das raízes, não havendo influência no desenvolvimento da parte aérea da planta nos solos de textura arenosa e argilosa mesmo com matéria orgânica.

As propriedades físico-químicas do indaziflam sugerem que a molécula pode ser moderadamente móvel no solo ($S_w = 4,4 \text{ mg L}^{-1}$ a pH 4,0) devido à longa persistência ($T_{1/2} > 150$ dias) associada à baixa solubilidade em água ($S_w = 2,2 \text{ mg L}^{-1}$ a pH 7,0 a 9,0) e sorção moderada ($K_d = 4,9$ a $27,4 \text{ g mL}^{-1}$) (Alonso et al., 2011; Tompkins, 2010). Entretanto como o solo franco-arenoso possui um menor teor de matéria orgânica (18 mg dm^{-3}) em comparação ao argiloso (42 mg dm^{-3}), e o herbicida apresentar grande afinidade à matéria orgânica ($K_{oc} < 1000 \text{ mg g}^{-1}$), e com a presença de água durante toda condução do experimento, o indaziflam pode ter se movimentado mais no solo franco-arenoso, causando maiores reduções no sistema radicular da cana-de-açúcar neste solo.

3.5. Conclusões

O indaziflam controlou as plantas daninhas no solo franco-arenoso na dose de 25 g i.a. ha⁻¹.

A *D. horizontalis* foi a espécie mais suscetível ao herbicida, sendo controlada com 12,5 g i.a. ha⁻¹ em solo franco-arenoso e 25 g i.a. ha⁻¹ no solo argiloso.

O indaziflam foi seletivo à cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000 em no solo argiloso e franco-arenoso, Para o solo argiloso, o índice de seletividade foi maior que 1 para todas as espécies. Não foi possível a obtenção do índice de seletividade para o solo franco-arenoso devido a suscetibilidade das espécies ao indaziflam neste solo.

Referências

ALONSO, D. G.; KOSKINEN, W. C.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; MISLANKAR, S. Sorption–desorption of indaziflam in selected agricultural soils. Journal of agricultural and food chemistry, v. 59, n. 24, p. 13096-13101, 2011.

AMIM, R. T.; FREITAS, S. P.; FREITAS, I. L. J.; GRAVINA, G. A.; PAES, H. M. F. Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. *Planta Daninha*, v. 32, n. 4, p. 791-800, 2014.

BARTLEY, M. R. Assessment of herbicide selectivity, in *Herbicide Bioassays*, ed. by STREIBIG J. C.; KUDSK P. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 57–73, 1993.

BRABHAM, C.; LEI, L.; GU, Y.; STORK, J.; BARRETT, M.; DEBOLT, S. Indaziflam herbicidal action: a potent cellulose biosynthesis inhibitor. *Plant physiology*, v. 166, n. 3, p. 1177-1185, 2014.

BROSNAN, J.T.; BREEDEN, G.K.; MCCULLOUGH, P.E.; HENRY, G. M. PRE and POST Control of Annual Bluegrass (*Poa annua*) with Indaziflam. *Weed Technology*. v.26, n.1, p. 48-53, 2012.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. *Planta Daninha*, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CARVALHO, S. J. P. D.; NICOLAI, M.; FERREIRA, R. R.; FIGUEIRA, A. V. D. O.; & CHRISTOFFOLETI, P. J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Scientia Agricola*, 66(1), 136-142, 2009.

COLE, D.J. Detoxification and activation of agrochemicals in plants. *Pestic. Sci.*, London, v.42, p.209-22, 1994.

CRAFTS, A. S. Selectivity of herbicides. *Plant physiology*, v. 21, n. 3, p. 345, 1946.

GUERRA, N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.; BRAZ, G. Aminocyclopyrachlor e indaziflam: Seletividade, controle e comportamento no ambiente. *Revista Brasileira de Herbicidas*, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 285-295, dez. 2013.

HARRISON, H. F. Developing herbicide-tolerant crop cultivars: Introduction. *Weed Technology*, 6(3), 613-614, 1992.

HATHWAY, D.E. Molecular mechanisms of herbicide. Boca Raton: CRC, 1988. 207p.

HESS, F.D. Herbicide absorption and translocation and their relationship to plant tolerances and susceptibility. In: Duke, S.O. (Ed.) *Weed physiology*. Boca Raton: CRC, 1985. v.2, p.191-214, 1985.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR.; R. S.; CONSTANTIN, J.; ALONSO, D. G.; TORMENA, C. A. Bioavailability of diuron, imazapic and isoxaflutole in soils of contrasting textures. *Journal of Environmental Science and Health – Part B*, v.44, n.8, p.757-763, 2009.

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: 10 jun. 2019.

JONES, P. A. BROSNAN, J. T.; KOPSELL, D. A.; BREEDEN, G. K. Soil type and rooting depth affect hybrid bermudagrass injury with preemergence herbicides. *Crop Science*, v. 53, n. 2, p. 660-665, 2013.

JONES, P. A., BROSNAN, J. T.; KOPSELL, D. A.; ARMEL, G. R.; BREEDEN, G. K. Preemergence herbicides affect hybrid bermudagrass nutrient content. *Journal of plant nutrition*, v. 38, n. 2, p. 177-188, 2015.

KARPINSKI, R. A. K., OLIVEIRA NETO, A.; GUERRA, N.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR. R.; MACIEL, C.; SILVA, A. Influência da textura do solo na seletividade do herbicida fomesafen aplicado em pré-emergência do algodoeiro. *Revista Brasileira de Herbicidas*, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 125-133, ago. 2014. ISSN 2236-1065.

MILLER, P., & WESTRA, P. Herbicide selectivity and performance. *Crop series. Production*; no. 0.563, 1998.

MONQUERO, P. A.; BINHA D. P.; INÁCIO, E. M.; SILVA, P. V.; AMARAL, L. R. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 70, n. 2, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. HIROKO. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. 1. ed. Curitiba (PR): Ompipax. p. 243-262, 2011.

REIS, F. C.; VICTORIA FILHO, R.; ANDRADE, M. T.; BARROSO, A. A. M. Use of Herbicides in Sugarcane in the São Paulo State. *Planta Daninha*, v. 37, 2019.

RITZ, C.; STREIBIG, J. C. Bioassay analysis using R. *J Stat Softw*, v. 12, n. 5, p. 1-22, 2005.

RITZ, C.; BATY, F.; STREIBIG, J. C.; GERHARD, D. Dose-response analysis using R. *PloS one*, v. 10, n. 12, p. e0146021, 2015.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. (2018). Guia de herbicidas (7 ed.). Londrina PR: Edição dos autores.

SCHNEIDER, J. G.; HAGUEWOOD, J. B.; SONG, E.; PAN, X.; RUTLEDGE, J. M.; MONKE, B. J.; XIONG, X. Indaziflam effect on bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.) shoot growth and root initiation as influenced by soil texture and organic matter. *Crop Science*, v. 55, n. 1, p. 429-436, 2015.

SEBASTIAN, D. J.; NISSEN, S. J.; WESTRA, P.; SHANER, D. L.; BUTTERS, G. Influence of soil properties and soil moisture on the efficacy of indaziflam and flumioxazin on *Kochia scoparia* L. *Pest management science*, v. 73, n. 2, p. 444-451, 2017.

SIMÕES, P. S. Seletividade e eficácia do indaziflam e efeito da profundidade do lençol freático na interferência de *Panicum dichotomiflorum* em cana-de-açúcar. 2018. 90 p. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 367 p.

STREIBIG, J. C. Herbicide bioassay. *Weed research*, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

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. p. 310-344, 2017.

TOMPKINS, J. Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. Environmental Protection Agency. Unites States, 2010. Disponível em: http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf . Acessado em: 29 de junho de 2019.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.D. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: 22 Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Foz do Iguaçu. Anais, Foz do Iguaçu, Anais, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p.148-164.

VELINI, E.D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, PR: SBCPD. 1995.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. Visão Agrícola, n.1, 2004.

WANG, H.; LIU, W.; ZHAO, K.; YU, H.; ZHANG, J.; WANG, J. Evaluation of weed control efficacy and crop safety of the new HPPD-inhibiting herbicide-QYR301. Scientific reports, v. 8, n. 1, p. 7910, 2018.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indaziflam na dose de 100 g i.a. ha⁻¹ possui um período residual elevado (240 dias) com uma ótima eficácia para as espécies avaliadas nos dois solos estudados, exceto para *U. decumbens* em solo franco-arenoso, em que não houve um bom controle a partir de 90 DAA. Portanto, a associação com outro herbicida se faz necessária, para obter um controle eficaz desta espécie até o final do período crítico de prevenção da interferência (PCPI) da cana-de-açúcar que pode se estender até 200 dias. O clomazone proporcionou um bom controle das espécies até 90 DAA no solo argiloso, o mesmo não foi observado para o solo franco-arenoso. Assim, torna-se necessário o uso de outro herbicida para ter um controle eficaz até o final do PCPI da cultura.

Não foi possível obter o índice de seletividade para o indaziflam em solo franco-arenoso, devido ao controle total das espécies avaliadas nas primeiras doses do herbicida. Entretanto, o herbicida foi seletivo, pois controla as plantas daninhas em baixas doses (≤ 25 g i.a. ha⁻¹), sendo necessárias doses maiores ($137,83 \pm 81,48$ g i.a. ha⁻¹) para causar redução de 10% na massa seca total da cana-de-açúcar. No solo argiloso, para todas as espécies, o índice de seletividade foi superior a 1, sendo considerado seletivo, exceto para *D. horizontalis*, onde não se obteve o índice devido à alta suscetibilidade da espécie ao herbicida.

Destaca-se também que não são reportados na literatura, estudos avaliando a eficácia e o período residual do indaziflam em solos de diferentes texturas para as espécies estudadas em condições de campo, muito menos estudos que abordam o índice de seletividade. Ressalta-se, portanto, a importância deste estudo.