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

Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar

Marcelo Rafael Malardo

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

**Piracicaba
2019**

Marcelo Rafael Malardo
Bacharel em Engenharia Agrônômica

Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

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

Piracicaba
2019

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

Malardo, Marcelo Rafael

Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar / Marcelo Rafael Malardo. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

79 p.

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

1. Associação de herbicidas 2. Comportamento 3. Residual 4. Condições climáticas I. Título

À minha mãe, Tania, ao meu pai, Ricardo,
ao meu irmão, Igor e, em especial,
ao meu avô, Marcelo
DEDICO

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me dado a vida e a toda minha família, por sempre acreditarem em mim, me apoiando, incentivando e cuidando durante toda a minha caminhada;

- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), em especial ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Produção Vegetal, pela oportunidade de realizar o mestrado e este presente trabalho;

- Aos meus pais (Tania e Ricardo), por me darem todo apoio, estarem sempre presentes e pelas valiosas conversas e ensinamentos no decorrer da vida;

- Ao meu irmão e melhor amigo Igor, por sempre estar ao meu lado, me dando forças, em todos os momentos da minha vida;

- À minha namorada e amiga Larissa, por todo carinho, amor, dedicação e paciência durante esses anos de mestrado;

- Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, pela orientação, amizade, colaboração, oportunidades e contribuições à minha formação profissional;

- À Professora Dr. Patrícia Andrea Monquero, por ter me mostrado os caminhos a seguir durante a graduação, pela amizade, orientação, pelo conhecimento passado e incentivo para que continuasse a correr atrás de meus sonhos;

- Ao Eng. Agr. Dr. Marcelo Nicolai, que em pouco tempo de convívio me ensinou muita coisa e continua ensinando, pela amizade, companheirismo, auxílio e pelos conhecimentos passados.

- Ao Professor Dr. Paulo Vinícius da Silva, por toda a amizade e companheirismo desde a graduação, pelo exemplo que é pra mim, pelos incentivos, auxílios e conhecimentos passados;

- Ao Eng. Agr. M.Sc. Acácio Gonçalves Netto, por toda ajuda e dedicação para conduzir este trabalho, pela amizade, pelos ensinamentos e pelo exemplo de pessoa que é pra mim.

- Aos meus grandes amigos Daniel, Daniela, Isabella, Marcos, Thiago, Nicholas, Aram, Thales e Paulo Henrique (Gnom) por todo apoio, amparo, incentivo e carinho;

- À minha querida e amada República K-Zona e aos moradores e amigos João (Seu-Piru), Donato (Pescador), Gustavo (Floreal), Giovani (Nikito), Murilo (Minhoca), Augusto (Roboco-Pi), Nicolás (Pupunha), Renan (Dinamite) e João Paulo (Ripa), que durante a graduação tiveram papel importante na minha formação, tanto pessoal, quanto profissional;

- Ao Grupo de Estudos em Ciências Agrárias (GECA/UFSCar), por todo o apoio durante minha graduação;
- Ao Grupo de Experimentação em Biologia de Plantas Daninhas (GEBPD/ESALQ/USP), por todo o apoio durante o mestrado;
- À Luciane Aparecida Lopes por todo auxílio, dedicação e paciência nas questões administrativas durante a condução do mestrado;
- À CAPES pela bolsa concedida.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	10
2.1. Sistema de produção de cana-de-açúcar e flora infestante	13
2.2. As plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar	14
2.2.1. Capim-colonião (<i>Panicum maximum</i>)	15
2.3. Comportamento de herbicidas no ambiente	15
REFERÊNCIAS	16
3. INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE CHUVA NA EFICÁCIA DE CONTROLE DE CAPIM-COLONIÃO POR INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOLE, APLICADOS ISOLADOS E EM ASSOCIAÇÃO	21
Resumo.....	21
Abstract	21
3.1. Introdução	22
3.2. Material e Métodos	24
3.3. Resultados e Discussão	26
3.4. Conclusões	45
Referências	45
4. INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE SECA NA EFICÁCIA DE CONTROLE DE CAPIM-COLONIÃO POR INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOLE, APLICADOS ISOLADOS E EM ASSOCIAÇÃO	49
Resumo.....	49
Abstract	49
4.1. Introdução	50
4.2. Material e Métodos	51
4.3. Resultados e Discussão	54
4.4. Conclusões	75
Referências	75
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

RESUMO

Influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar

A quantidade de chuva após a aplicação de herbicidas e o tempo que ela leva para acontecer são fatores, que juntamente com as características físico-químicas dos herbicidas, influenciam o correto posicionamento dos produtos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da lâmina de chuva e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião por herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar. O primeiro capítulo teve nove experimentos, em casa-de-vegetação, abrangendo três épocas de simulação de chuva (0; 10 e 30 DAA) e os herbicidas indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole. Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) e duas quantidades de palhada de cana-de-açúcar (0 e 10 t ha⁻¹). Já o segundo capítulo contou com seis experimentos de curva de dose-resposta, em casa de vegetação, com aplicação de indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole em duas condições de palhada (0 e 10 t ha⁻¹). Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e esquema fatorial 6 x 6, sendo seis doses de cada herbicida (0D; 1/4D; 1/2D; 1D; 2D e 4D, sendo D a dose comercial de cada produto) e seis períodos de seca após a aplicação (0; 15; 30; 45; 60 e 90 DAA). Após os períodos de seca, foi simulada uma chuva de 20 mm. A palhada foi removida de todos os experimentos 48 horas após as simulações de chuva, visando a não interferência física na emergência da espécie. As avaliações de controle do primeiro capítulo foram até 42 DASC e as do segundo capítulo, até 35 DASC, sendo que no último dia de avaliação foi realizada avaliação de massa seca das plantas. Notou-se que tanto o indaziflam isolado, quanto em associação com isoxaflutole, tiveram a eficácia de controle influenciada pela presença de palhada a medida que o período de seca se estendeu. Enquanto que na ausência de palhada não houve interferência, proporcionando controle eficaz mesmo após 60 dias de seca. Já o isoxaflutole teve influência da lâmina de chuva e da palhada apenas quando a simulação aconteceu após a aplicação (0 DAA), sendo que nos demais períodos de seca, o controle proporcionado foi eficaz. Em relação a mistura de indaziflam + isoxaflutole, a presença de palhada sobre o solo, juntamente com períodos de seca superiores a 30 dias, influenciaram negativamente na eficácia de controle. Entretanto, a associações destes herbicidas se mostrou excelente ferramenta de controle para aplicação sobre palhada em períodos de seca inferior a 30 dias. Concluiu-se que o herbicida indaziflam isolado não deve ser aplicados para controle de capim-colonião em situação de presença de palhada quando o período de seca for superior a 30 dias. O isoxaflutole pode ser utilizado tanto em presença, quanto ausência de palhada, independente do período de seca. Já indaziflam + isoxaflutole pode ser recomendado em épocas de transição da época seca para época úmida, onde o período de seca é inferior a 30 dias.

Palavras-chave: Associação de herbicidas; Comportamento; Residual; Condições climáticas

ABSTRACT

Influence of rainfall and dry season on the effectiveness of control of *Panicum maximum* by herbicides applied in pre-emergence in the sugar cane crop

The amount of rainfall after the application of herbicides and the time it takes to happen are factors, which together with the physicochemical characteristics of herbicides, influence the correct positioning of the products. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of rainfall and the dry season on the effectiveness of control of *Panicum maximum* by herbicides applied in pre-emergence in sugarcane cultivation. The first chapter had nine greenhouse experiments covering three rain simulation periods (0, 10 and 30 DAA) and indaziflam, isoxaflutole and indaziflam + isoxaflutole herbicides. All experiments were conducted in a randomized complete block design, with four replicates and a 4 x 2 factorial scheme, with four rain slides (0, 10, 20 and 40 mm) and two quantities of sugar cane straw (0 and 10 t ha⁻¹). On the other hand, the second chapter had six dose-response experiments in the greenhouse with indaziflam, isoxaflutole and indaziflam + isoxaflutole in two straw conditions (0 and 10 t ha⁻¹). All experiments were conducted in a randomized complete block design with four replicates and a 6 x 6 factorial scheme, with six doses of each herbicide (0D, 1/4D, 1/2D, 1D, 2D and 4D, D being the commercial dose of each product) and six dry periods after application (0; 15; 30; 45; 60 and 90 DAA). After periods of drought, a rainfall of 20 mm was simulated. The straw was removed from all experiments 48 hours after the rain simulations, aiming at the non-physical interference in the emergence of the species. The control evaluations of the first chapter were up to 42 DASC and those of the second chapter, up to 35 DASC, and on the last day of evaluation was performed dry mass evaluation of the plants. It was noted that both indaziflam alone and in combination with isoxaflutole had the control efficacy influenced by the presence of straw as the drought period spread. While in the absence of straw there was no interference, providing effective control even after 60 days of drought. On the other hand, the isoxaflutole had influence of rainfall and straw only when the simulation occurred after the application (0 DAA), and in the other dry periods, the control provided was effective. Regarding the indaziflam + isoxaflutole mixture, the presence of straw on the soil, together with periods of drought greater than 30 days, had a negative effect on control efficacy. However, the association of these herbicides proved to be an excellent control tool for straw application in dry periods of less than 30 days. It was concluded that the herbicide indaziflam isolate should not be applied for control of *Panicum maximum* in the presence of straw when the drought period is longer than 30 days. Isoxaflutole can be used in the presence or absence of straw, regardless of the dry period. Already indaziflam + isoxaflutole can be recommended at times of transition from dry season to wet season, where the dry season is less than 30 days.

Keywords: Association of herbicides; Behavior; Residual; Climate conditions

1. INTRODUÇÃO

O uso de produtos químicos, como por exemplo, os herbicidas, é o método mais empregado atualmente para o controle das plantas daninhas (CARBONARI et al., 2010). Eles têm grande destaque como defensivos importantes na obtenção de alta produtividade em grandes áreas, sendo uma alternativa eficaz e economicamente viável.

Há uma oferta de herbicidas que podem ser aplicados em pós-emergência, porém, parte das aplicações podem, também, serem feitas em pré-emergência ou em pré-plantio incorporado, sendo diretamente no solo, ou sobre a palhada, como no caso do cenário canavieiro. Desta maneira, a forma como as moléculas herbicidas se comportam no solo e na palhada de cana-de-açúcar é que vão determinar a eficiência no controle das plantas daninhas e qual será o seu destino final no ambiente (INOUE et al., 2011).

Os herbicidas podem estar sujeitos a uma série de consequências quando aplicados em pré-emergência devido às características físico-químicas do solo, da palhada e dos herbicidas, como por exemplo, degradação, adsorção, lixiviação, fotodegradação, entre outros. Isso faz com que a sua eficácia no controle de plantas daninhas e seletividade à cultura seja afetada (PRATA; LAVORENTI, 2000; MARTINI; DURIGAN, 2004).

Com a mudança do sistema convencional de produção de cana-de-açúcar para o sistema denominado cana crua, ou seja, colheita sem queima da palhada, a colheita mecanizada se tornou mais presente no sistema de produção canavieiro (SOUZA et al., 2005). Neste tipo de colheita, os resíduos vegetais gerados, como por exemplo, folhas, bainhas, ponteiros e pedaços de colmos, são depositados na superfície do solo, formando uma cobertura do solo denominada de palhada (MONQUERO et al., 2009), que pode superar 20 t ha⁻¹ segundo Correia e Durigan (2004).

Desta maneira, a palhada depositada na superfície do solo, passa a ser uma barreira física ao uso de herbicidas aplicados em pré-emergência (NEGRISOLI et al., 2011). Quando um herbicida é aplicado sobre a palhada, é interceptado pela superfície desta e torna-se vulnerável à volatilização e/ou fotólise. O transporte de herbicidas da palha para o solo depende da capacidade da palhada de cobrir o solo e reter esses herbicidas, das características físico-químicas do herbicida, do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação e da quantidade de chuva (CARBONARI et al., 2010). Portanto, os herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas na cana crua devem apresentar algumas características específicas, tais como alta solubilidade, baixo coeficiente de distribuição octanol-água (K_{ow}) e baixa pressão de vapor (P) (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Outro fator importante, que também dificulta a escolha correta de herbicidas no sistema de produção de cana-de-açúcar, é o fato da cultura ser plantada em diferentes épocas durante o ano (épocas secas e úmidas). Os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar podem ser classificados como herbicidas de época seca, herbicidas de época úmida e de épocas de transição (semi-seca ou semi-úmida), fazendo com que seja de grande importância conhecer as características físico-químicas dos produtos a serem utilizados, visando a sua maior eficácia no controle de plantas daninhas.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência do regime hídrico e do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*) pelos herbicidas indaziflam, isoxaflutole e a associações dos dois, quando aplicados em pré-emergência em situações com e sem palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo.

REFERÊNCIAS

- CARBONARI, C.A., VELINI, E.D., CORREA, M.R., NEGRISOLI, E., ROSSI, C.V.; OLIVEIRA, C.P. Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.
- 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, 1ª edição, 72 p. 2009.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, p. 11-17, 2004.
- INOUE, M.H., SANTANA, C.T.C., OLIVEIRA JR., R.S., POSSAMAI, A.C.S., SANTANA, D.C., ARRUDA, R.A.D., DALLACORT, R.; SZTOLTZ, C.L. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2011.
- MARTINI, G.; DURIGAN, J.C. Influência do teor de água na superfície do solo sobre a eficácia e seletividade do flazasulfuron, na cultura de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 259-267, 2004.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; SILVA, A.C.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 367-372, 2009.

- NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; CORRÊA, M.R.; ROSSI, C.V.S.; CARBONARI, C.A.; COSTA, A.G.F.; PERIM, L. Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone + hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 169-177, 2011.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociência**, v. 6, n. 2, p. 17-22, 2000.
- SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema de produção de cana-de-açúcar e flora infestante

Antigamente o sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar era feito de forma manual a partir da queima do canavial, chamado de sistema convencional. Essa prática acarretava no aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, contribuindo com o efeito estufa e causando doenças respiratórias (SOUZA et al., 2005). Desta forma, o decreto nº 47.700 de 11/03/2003, que regulamenta a lei nº 11.241 de 19/09/2002, promoveu a mudança progressiva do sistema convencional de produção da cana-de-açúcar para a denominada cana crua, ou seja, colheita sem queima da palha, por imposições da legislação e pela consciência ambiental que se amadurece na sociedade brasileira (FERREIRA et al., 2010), fazendo com que a colheita mecanizada passasse a ser cada vez mais presente nos sistemas de produção de cana-de-açúcar (SOUZA et al., 2005).

No sistema convencional, a queima do canavial elimina todos os resíduos vegetais deixados no campo, ou seja, deixa a superfície do solo limpa, proporcionando, assim, a emergência de plantas daninhas de espécies gramíneas, como por exemplo, plantas do gênero *Urochloa*, *Digitaria* e *Panicum*, já que estas espécies apresentam características favoráveis para a rápida colonização dessas áreas, sendo elas: rápida germinação devido ao tamanho pequeno das sementes e necessidade da presença de luz para a germinação (sementes fotoblásticas positivas) (MONQUERO et al., 2008).

Entretanto, a mudança do sistema convencional para o sistema chamado cana crua, causou uma mudança na flora infestante (AZANIA et al., 2002), visto que nesse novo sistema de produção há a presença de uma barreira física sobre a superfície do solo, a palhada, que suprime a emergência das espécies monocotiledôneas (gramíneas) e proporciona a emergências de espécies eudicotiledôneas, como por exemplo, as plantas daninhas pertencentes aos gêneros *Ipomoea*, *Merremia*, *Ricinus* e *Mucuna*. As características que favorecem a germinação e emergência de plantas daninhas eudicotiledôneas nesse sistema de produção são: hábito de crescimento trepador, sementes grandes, grande quantidade de reserva de nutrientes, dureza no tegumento, longo período de dormência e sementes fotoblásticas negativas, ou seja, não precisam de luz para germinar (MONQUERO et al., 2012).

Porém, a grande quantidade de resíduos vegetais gerados pela colheita mecanizada pode representar uma fonte alternativa para a co-geração de bioeletricidade, agregando valor na agroindústria sucroalcooleira (ÚNICA, 2008). Diante disso, algumas usinas têm recolhido a

palhada dos canaviais e destinado esse material para a produção de energia elétrica (PROCKNOR, 2008).

O recolhimento parcial ou total da palhada da superfície do solo, além de modificar a flora infestante dos canaviais, fazendo com que haja condições favoráveis a germinação, tanto de espécies monocotiledôneas, quanto de eudicotiledôneas (CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2012; MONQUERO et al., 2012), dificulta na escolha de herbicidas, pois há poucos estudos e informações disponíveis sobre a eficácia dos produtos nessas condições (CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2012).

2.2. As plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

A presença de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar aumenta significativamente os custos de produção. Lorenzi (2014) estima que as perdas de produtividade possam alcançar entre 20 e 30% e elevar os custos de produção de cana soca em 30% e de 15 a 20% para cana planta. Como em qualquer outra cultura, a infestação de plantas daninhas é uma séria ameaça à produtividade da cana-de-açúcar e chega a reduzi-la em até 86% (LORENZI, 1983), dependendo do grau de infestação e da espécie.

Kuva et al. (2003) em experimentos conduzidos em áreas de plantio, principalmente no período seco do ano no Estado de São Paulo, observaram que as perdas de produtividade ocasionada pela presença das plantas daninhas foram diferentes de acordo com a espécie infestante. Em áreas onde havia a presença de *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) e *Panicum maximum* (capim-colonião), a produtividade reduziu em 40% (KUVA et al., 2003), áreas infestadas apenas por *U. decumbens*, tiveram uma redução de até 82% (KUVA et al., 2001) e áreas com infestação de *Cyperus rotundus* (tiririca) tiveram 20% de redução na produtividade (KUVA et al., 2000).

A interferência negativa na cultura da cana-de-açúcar exercida pela infestação de plantas daninhas está relacionada a diversas ações como liberar de substâncias alelopáticas, hospedar pragas e doenças que atacam a cultura, dificultar práticas culturais e colheita, depreciar o produto e, principalmente, competir por fatores limitantes do meio como, por exemplo, água, luz e nutrientes (KUVA et al., 2007).

O grau de interferência depende de diversos fatores ligados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), à própria cultura (espécie, variedade ou cultivar, espaçamento e densidade de plantio) e a época e duração do período de convivência.

Além disso, pode ser influenciado pelas condições climáticas, edáficas e de tratamentos culturais (PITELLI, 1987).

Existem três períodos de interferência das plantas daninhas que foram propostos por Pitelli e Durigan (1984): período anterior à interferência (PAI) é o período em que a cultura pode conviver com a comunidade infestante sem que sua produtividade seja afetada negativamente; período total de prevenção à interferência (PTPI), representado pelo período desde a emergência ou do plantio em que a cultura deve ser mantida livre da presença de plantas daninhas para que sua produtividade não seja reduzida; e período crítico de prevenção à interferência (PCPI) em que a presença das plantas daninhas interferem de maneira crítica na produtividade. O estudo destes períodos determina o período em que efetivamente os métodos de controle devem atuar (KUVA, et al., 2000). O período crítico manifesta-se, em média, até 90 dias após a emergência da cana-de-açúcar (KUVA et al., 2003).

2.2.1. Capim-colonião (*Panicum maximum*)

Popularmente conhecida como capim-colonião ou capim-guiné, pertence à família Poaceae e se caracteriza por ser uma planta perene, robusta, fortemente cespitosa, rizomatosa, ereta, de 1-2 m de altura, formando grandes touceiras e reprodução por sementes e rizomas (LORENZI, 2014).

Segundo Valentim et al. (2001) a espécie demonstra grande variabilidade genética, contando com inúmeros ecotipos distintos, ocorrendo em especial na região leste da África, sendo introduzida nas Américas no século XIX de modo acidental por navios negreiros, pois era utilizada como cama pelos escravos.

De acordo com Melo et al. (2013), o capim-colonião, além de afetar sobre a vida útil do canavial, apresenta-se também, juntamente com o capim braquiária, como plantas daninhas de difícil controle, uma vez que o controle deve ocorrer sobre a parte vegetativa (rebrotas), no entanto, para a cultura da cana-de-açúcar, a maioria dos herbicidas aplicados são de pré-emergência, para controle das plantas daninhas provenientes de sementes.

2.3. Comportamento de herbicidas no ambiente

Entre os herbicidas utilizados em cana-de-açúcar, os aplicados em pré-emergência são os mais empregados. Porém, a palhada presente na superfície do solo intercepta uma quantidade considerável de herbicida aplicado em condições de pré-emergência, o qual não atinge o solo

(BANKS; ROBINSON, 1986; MILLS; WITT, 1989). Desta forma, a aplicação de herbicidas pré-emergentes, em áreas de colheita de cana-crua, é restrita aos produtos herbicidas que conseguem atingir o solo, atravessando a palhada deixada na superfície.

Quando um herbicida é aplicado em pré-emergência, seu destino no ambiente e suas interações com o solo e os resíduos vegetais, são governadas por fatores químicos, físicos e biológicos. Dessa forma, o conhecimento dos fatores que influenciam a atividade e estabilidade dos herbicidas no solo e/ou na palhada é fundamental, pois, através dele, é que se pode explicar o sucesso ou o fracasso no controle de plantas daninhas, a tolerância das culturas e a persistência dos mesmos no ambiente (HURLE; WACKER, 1980).

Segundo Velini (1992), os herbicidas aplicados em pré-emergência podem sofrer processos de sorção, dessorção, lixiviação e/ou degradação, além de serem absorvidos pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas.

A adsorção é um processo englobado na sorção, que determina a quantidade de herbicida biodisponível na solução do solo para absorção pelas plantas, degradação e transporte. Já a dessorção determina a reversibilidade do processo de adsorção e, conseqüentemente, o período residual desses produtos no ambiente (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

A lixiviação é principal forma de transporte no solo das moléculas herbicidas não voláteis e solúveis em água. Essas moléculas se deslocam no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água, o qual é governado pela diferença de potencial de água entre dois pontos (PRATA et al., 2003). Dessa forma, deve-se conhecer bem as características do produto a ser aplicado para que ele lixivie apenas nas camadas superficiais do solo, onde exercerá seu efeito herbicida, pois se lixiviado para camadas mais profundas, além de não fazer efeito no controle das plantas daninhas, poderá contaminar lençóis freáticos (SILVA, 2018).

REFERÊNCIAS

- AZANIA, A.A.P.M., AZANIA, C.A.M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M.C.M.D.; PITELLI, R. A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 207-212, 2002.
- BANKS, P.A.; ROBINSON, E.L. Soil reception and activity of acetochlor, and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*) straw and irrigation. **Weed Science**, v. 34, p. 607-611, 1986.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. Cana de açúcar - expansão desafiada. **Revista Cultivar**, 01 out. 2012.

- 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, 1ª edição, 72 p. 2009.
- FERREIRA, P.J.; CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J.E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 383-389, 2010.
- HURLE, K.; WACKER, A. Persistence and its prediction. In: HANCE, R. S. **Interaction between herbicides and the soil**. New York: Academic Press, cap. 4, p. 83-122, 1980.
- KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; SALGADO, T.P.; ALVES, P.L.C.A. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.
- KUVA, M.A.; GRAVENA, R.A.; 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.
- KUVA, M.A.; GRAVENA, R.A.; 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.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2000.
- LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA COPERSUCAR: PRAGAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1983, Piracicaba. **Anais...** São Paulo-SP: COPERSUCAR, 1983. p. 59-73.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7ª. ed. Nova Odessa-SP: Editora Plantarum, 2014. 384p.
- MELO, E.B.; SILVA, A.A.P.; OLIVEIRA NETO, A.M.; GUERRA, N.; VILAR, C.C.; BOTTEGA, E.L.; MACIEL, C.D.G. Alternativas para a catação química de touceiras de capim-colonião e capim-braquiária em cana-soca. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 307-317, 2013.
- MILLS J.A; WITT, W.W. Efficacy, phytotoxicity, and persistence of imazaquin, imazethapyr, and clomazone in no-till double-crop soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 37, p. 353-359, 1989.

- MONQUERO, P.A.; HIJANO, N.; ORZARI, I.; SABBAG, R.S.; HIRATA, A.C.S. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2799-2812, 2012.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C.; MARTINS, F.R.A. Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 47-55, 2008.
- PITELLI, R.A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 25-35, 1987.
- PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência de plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984. Belo Horizonte, **Anais...** Piracicaba, 1984. p. 37.
- PRATA, F.; CARDINALI, V.C.B.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V.L.; REGITANO, J.B. Glyphosate sorption and desorption in soils with distinct phosphorus levels. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, 2003.
- PROCKNOR, C. Energia elétrica a partir da vinhaça. **Revista da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB)**. Maio-junho de 2008. Seção Soluções de Fábrica. 2008.
- 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**. 144 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2018.
- SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.
- UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO - ÚNICA. **Mapa de produção**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica>>. Acesso em: 10 set. 2008.
- VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M.F.L. **Capim massai (*Panicum maximum* Jacq.): Nova forrageira para diversificação das pastagens do Acre**. Rio Branco, Embrapa Acre, 2001, 16p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 41).

VELINI, E.D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, Botucatu-SP. **Anais...** p. 44-64, 1992.

3. INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE CHUVA NA EFICÁCIA DE CONTROLE DE CAPIM-COLONIÃO POR INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOLE, APLICADOS ISOLADOS E EM ASSOCIAÇÃO

Resumo

As aplicações de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar, ocorrem durante diferentes épocas do ano. Portanto, conhecer o comportamento dos herbicidas quando aplicados sob diferentes regimes hídricos, visando o melhor posicionamento deles, torna-se importante. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da lâmina de chuva na eficácia de controle de capim-colonião por indaziflam e isoxaflutole, aplicados isolados e em associação. Foram realizados nove experimentos, em casa de vegetação, abrangendo três épocas de simulação de chuva (0; 10 e 30 DAA) e os herbicidas indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole. Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) e duas quantidades de palhada de cana-de-açúcar (0 e 10 t ha⁻¹). As lâminas de chuva foram simuladas nas respectivas épocas de simulação e, 48 horas após as simulações, a palhada de cana-de-açúcar foi retirada da superfície dos vasos, a fim de se evitar a supressão da planta daninha pela barreira física. As avaliações de controle ocorreram até 42 DASC, sendo que nessa data também foi realizada avaliação de massa seca. Notou-se que tanto o indaziflam isolado, quanto em associação com isoxaflutole, tiveram a eficácia de controle influenciada pela presença de palhada a medida que o período para ocorrência das lâminas de chuva se estendeu (10 e 30 DAA). Enquanto que na ausência de palha não houve interferência no controle. Já o isoxaflutole teve influência da lâmina de chuva e da presença ou ausência de palhada apenas quando a simulação aconteceu após a aplicação (0 DAA). Concluiu-se que não é recomendado aplicar indaziflam isolado sobre palhada de cana-de-açúcar em períodos superiores a 30 dias de seca e com precipitação inferior a 20 mm de chuva. O isoxaflutole pode ser aplicado tanto na palhada, quanto no solo descoberto, sendo que a quantidade de água no solo irá determinar a sua eficácia. Já a mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole é uma ferramenta de manejo para controle de plantas daninhas em canaviais em épocas de transição (época seca para época úmida).

Palavras-chave: Regime hídrico; *Panicum maximum*; Comportamento; Pré-emergência

Abstract

The applications of herbicides in the sugarcane crop, occur during different times of the year. Therefore, knowing the behavior of the herbicides when applied under different water regimes, aiming at the best positioning of them, becomes important. In this way, the objective of this work was to evaluate the influence of rainfall on the control effectiveness of indaziflam and isoxaflutole, isolated and in association. Nine experiments were carried out in greenhouse, covering three rain simulation periods (0, 10 and 30 DAA) and indaziflam, isoxaflutole and indaziflam + isoxaflutole herbicides. All experiments were conducted in a randomized complete block design, with four replicates and a 4 x 2 factorial scheme, with four rain slides (0, 10, 20 and 40 mm) and two quantities of sugar cane straw (0 and 10 t ha⁻¹). The rain slides were simulated in the respective simulation periods and, 48 hours after the simulations, the sugarcane straw was removed from the surface of the pots, in order to avoid suppression of the

weed by the physical barrier. The control evaluations occurred until 42 DASC, being that at that date also was done dry mass evaluation. It was observed that both indaziflam alone and in association with isoxaflutole had the control effectiveness influenced by the presence of straw as the rainfall period occurred (10 and 30 DAA). While in the absence of straw there was no interference in the control. On the other hand, the isoxaflutole had influence of the rain blade and the presence or absence of straw only when the simulation happened after the application (0 DAA). It was concluded that it is not recommended to apply indaziflam isolated on straw of sugarcane in periods superior to 30 days of drought and with rainfall less than 20 mm of rainfall. Isoxaflutole can be applied to both straw and uncovered soil, and the amount of water in the soil will determine its effectiveness. The commercial mixture of indaziflam + isoxaflutole is a management tool to control weeds in sugarcane plantations in times of transition (dry season for humid season).

Keywords: Water regime; *Panicum maximum*; Behavior; Pre-emergency

3.1. Introdução

O controle químico é o método mais utilizado no manejo de plantas daninhas nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, e os principais períodos de aplicação de herbicidas são em pré-emergência e pós-emergência inicial da cultura (MONQUERO et al., 2012). Mas para que esse controle seja eficiente, deve-se levar em consideração a época de aplicação, as características físico-químicas dos herbicidas, sua dosagem e a flora infestante (ORZARI, 2015).

A aplicação de herbicidas realizada em época úmida proporciona um controle satisfatório das plantas daninhas, pois a umidade no solo e o intenso metabolismo das plantas daninhas favorecem a absorção da maior parte dos herbicidas registrados para a cultura, os quais apresentam solubilidade baixa em água. No entanto, diversas pesquisas relatam bons resultados de controle em períodos secos com o uso dos herbicidas amicarbazone, imazapic, isoxaflutole, tebuthiuron e diuron + hexazinone + sulfometuron, o que pode ser explicado pelo fato de apresentarem características físico-químicas favoráveis, como alta solubilidade em água, baixa capacidade de adsorção nos minerais de argila e matéria orgânica do solo e baixa pressão de vapor (CARBONARI et al., 2009; CORREIA; BRAZ; FUZITA, 2010; TOLEDO; NEGRISOLI, 2011; NEGRISOLI et al., 2011; RODRIGUES; ALMEIDA, 2016).

Atualmente, há um novo produto registrado no país para a cultura chamado Indaziflam. É um ingrediente ativo com efeito herbicida, pertencente à classe química “alkylazine”, cujo mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose (TOMPKINS, 2010). O produto com requerimento de registro aprovado em março de 2016, é o primeiro produto comercial registrado para uso no Brasil pertencente a esse grupo químico (AGROFIT, 2018).

Esse herbicida pode controlar tanto monocotiledôneas quanto eudicotiledôneas, em pré ou em pós-emergência inicial (BROSNAN; MCCULLOUGH; BREEDEN, 2011; PERRY et al., 2011; BROSNAN et al., 2012), sendo mais eficiente no controle de monocotiledôneas (KAAPRO; HALL, 2012).

O Indaziflam possui baixa solubilidade em água ($0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a 20° C), $K_{oc} < 1.000 \text{ mL g}^{-1}$ de carbono orgânico e $pK_a = 3,5$ (TOMPKINS, 2010). Além disso, possui amplo espectro de ação e duradoura eficácia mesmo com a aplicação de baixas doses. Para o controle de gramíneas anuais suscetíveis, as doses oscilam de 25 a $100 \text{ g p.c. ha}^{-1}$, podendo chegar a $150 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ em espécies mais tolerantes (MYERS et al., 2009; KAAPRO; HALL, 2012).

Outro herbicida registrado para a cultura da cana-de-açúcar é o Isoxaflutole. Ele pertence à classe dos inibidores de carotenoides e é considerado um pró-herbicida, pois, ao entrar em contato com a água na solução do solo, é convertido ao metabólito diquetonitrila (DKN), que é a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas. O metabólito diquetonitrila é mais solúvel, estável e persistente que o Isoxaflutole e apresenta solubilidade em água de 326 mg L^{-1} e meia-vida de 56 dias em solo com pH 7,0 e 2,5% de carbono orgânico (MITRA; BHOWMILK; XING, 2000).

Como as aplicações de herbicidas em cana-de-açúcar acontecem em variadas condições de regime hídrico (épocas seca, semi-seca, úmida e semi-úmida), a empresa detentora da patente desses dois produtos lançou sua mistura formulada (AGROFIT, 2018), a fim de unir as características físico-químicas dos dois produtos e utilizá-lo durante o ano todo. A associação de moléculas herbicidas é uma prática bastante interessante, pois além de combinar produtos com características diferentes, permitindo maiores possibilidades de uso durante o ano, amplia o espectro de plantas daninhas controladas.

Entretanto, faz-se necessários estudos com essa mistura formulada, visando entender sua dinâmica no sistema de cana-crua. A primeira chuva no ambiente, após aplicação do herbicida, irá exercer grande influência no transporte do produto da palhada até o solo (MACIEL; VELINI, 2005; CAVENAGHI et al., 2007).

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes simulações de lâminas de chuva, em diferentes épocas após aplicação dos herbicidas indaziflam, isoxaflutole e da mistura comercial do dois, em condições com e sem palhada de cana-de-açúcar, na eficácia de controle de capim-colonião.

3.2. Material e Métodos

Foram realizados nove experimentos, sendo um para cada época de simulação de chuva (0; 10 e 30 dias após aplicação dos herbicidas (DAA)) e para cada herbicida em estudo (indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole).

O delineamento experimental utilizado em todos os experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2, sendo o primeiro fator correspondente as lâminas de chuva simuladas (0; 10; 20 e 40 mm) e o segundo a quantidade de palha de cana-de-açúcar (0 e 10 t ha⁻¹). Abaixo estão expressas as doses utilizadas de cada produto (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Doses comerciais e concentração dos produtos utilizados nos experimentos

Nome comercial	Ingrediente ativo	Dose ¹	Concentração ²
		(g ou mL p.c. ha ⁻¹)	(g i.a. kg ⁻¹ ou L ⁻¹)
Alion	indaziflam	200	500
Provence	isoxaflutole	120	750
Provence total	indaziflam + isoxaflutole	250	150 + 450

¹ p.c. – dose de produto comercial; ² i.a. – concentração de ingrediente ativo.

As unidades amostrais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para 1 L de solo, preenchidos com solo peneirado coletado da camada arável (0,0 – 0,2 m) em área sem histórico de aplicação de herbicidas. As características físico-químicas do solo estão expressas abaixo (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Características físico-químicas do solo utilizado nos experimentos

pH	P (resina)	Al	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³				%
5,3	10,0	<1,0	25,0	2,8	26,0	13	41,8	66,8	63
			Argila	Silte	Areia				
			%						
			41,0	5,0	54,0				

Fonte: Laboratórios de Análises Químicas – Pesquisa. Ciência do Solo (ESALQ/USP).

A palhada de cana-de-açúcar utilizada nos experimentos foi coletada de canavial comercial, pertencente a usina Iracema, em área plantada com a variedade RB966928 e foi retirada da área logo após colheita, antes que houvesse aplicação de herbicidas, visando a não contaminação da palhada. Ela foi seca ao ar, picada de forma manual com auxílio de tesouras e armazenada em local seco até a instalação do experimento. Foi utilizada cerca de 20,0 g de palhada de cana-de-açúcar por vaso, a fim de se proporcionar a quantidade de 10 t ha⁻¹.

As sementes de capim-colonião foram adquiridas na empresa Agro Cosmos (Cosmos Agrícolas Produção e Serviços Rurais Ltda), situada no município de Engenheiro Coelho/SP. Seguindo recomendações da empresa, foram semeadas cerca de 0,32 g de sementes por vaso a uma profundidade de dois centímetros, a fim de se obter 10 plantas.

Após realização da semeadura, a palhada foi depositada na superfície dos vasos de forma proporcional aos tratamentos e, então, foi feita a aplicação dos produtos herbicidas. Para tal atividade foi utilizado pulverizador costal, pressurizado a CO₂, com pressão de 200,0 kPa, equipado com barra contendo quatro bicos tipo “leque” TTI 11002, espaçados entre si em 0,5 m, com consumo de 200,0 L ha⁻¹ de calda. As condições meteorológicas no momento da aplicação foram: temperatura de 25,7° C; umidade relativa do ar de 60% e velocidade do vento entre 1,2 e 2,5 km ha⁻¹.

Posteriormente a realização da aplicação dos herbicidas, os experimentos foram levados para a casa-de-vegetação. Três experimentos receberam simulação das lâminas de chuva logo após a aplicação (0 DAA), enquanto os outros seis permaneceram em local protegido, sem irrigação, até o momento das respectivas simulações de chuva (10 e 30 DAA).

Os vasos de cada tratamento permaneceram sob irrigação por 6 horas e 40 min, 3 horas e 20 min, 1 hora e 40 min e zero horas, a fim de proporcionar as lâminas de 40; 20; 10 e 0 mm de chuva, respectivamente. Concluído os tempos de irrigação para cada lâmina, os vasos foram transferidos para outra parte da casa-de-vegetação e retirados da irrigação. Após 48 horas da realização das simulações das lâminas de chuva, a palhada de cana-de-açúcar foi retirada dos vasos, a fim de não prejudicar a emergência da planta daninha pela barreira física. Posteriormente, os vasos foram mantidos com irrigação de cerca de 4 mm dia⁻¹.

O mesmo procedimento foi realizado para os experimentos que receberam as simulações de chuva aos 10 DAA e para os experimentos que receberam aos 30 DAA.

As avaliações de controle da planta daninha aconteceram aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após simulação de chuva (DASC) para cada experimento. As avaliações seguiram o modelo proposto pela ALAM (1974), onde zero (0%) corresponde à ausência de controle das plantas daninhas e 100% refere-se a morte total das plantas daninhas estudadas.

Aos 42 DASC foi realizada a avaliação de massa seca. Para isso, as plantas daninhas remanescentes aos tratamentos foram cortadas rentes ao solo, com auxílio de uma tesoura, acondicionadas em sacos de papel identificados e levadas até uma estufa de circulação forçada de ar (70° C), onde permaneceram até atingir peso constante.

Os dados obtidos no trabalho foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico AgroStat®. Quando significativos, os dados foram analisados com emprego de regressão não-linear, com auxílio do programa estatístico SigmaPlot® 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2006).

3.3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nos experimentos com aplicação de indaziflam, estão expressos a seguir.

Notou-se que quando as simulações de chuva ocorreram após a aplicação de indaziflam (0 DAA), os fatores lâmina de chuva e palhada de cana-de-açúcar foram significativos pelo teste F, tanto para avaliação de controle ($F = 10,5^{**}$), quanto para massa seca ($F = 8,3^{**}$) (Figuras 3.1a e b).

Observou-se que a aplicação de indaziflam na ausência de palhada (0 t ha^{-1}) proporcionou controle próximo de 100,0%, independente da lâmina de chuva simulada, enquanto que na presença de palhada (10 t ha^{-1}), sem simulação de chuva após a aplicação ou com apenas 10 mm, o controle foi inferior a 80,0%, evidenciando a necessidade de lâmina de, no mínimo, 20 mm para proporcionar controle eficaz (92,5%) da planta daninha (Figura 3.1a). O mesmo foi observado para avaliação de massa seca, sendo que quando aplicado sem a presença de palhada na superfície do solo, o acúmulo de massa seca foi inferior a 10,0%, enquanto que na presença de palha, somente a partir da simulação de 20 mm após aplicação de indaziflam (0 DAA), o acúmulo de massa seca foi inferior a 15,0% (Figura 3.1b).

Figura 3.1. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 0 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 4$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Para o experimento onde as simulações de chuva, após aplicação de indaziflam, ocorreram aos 10 DAA, observou-se que houve interação dos fatores avaliados pelo teste F, tanto para controle ($F = 14,4^{**}$), quanto para massa seca ($F = 15,3^{**}$) (Figuras 3.2a e b).

Notou-se que, tanto para controle (Figura 3.2a), quanto para massa seca (Figura 3.2b), a aplicação de indaziflam sem a presença de palha proporcionou controle próximo a 100,0% e acúmulo de massa seca inferior a 10,0%, independente da lâmina de chuva, mesmo quando as simulações ocorreram aos 10 DAA. Já a aplicação na presença de palhada, não teve a mesma eficácia, necessitando de 20 mm de chuva para proporcionar controle superior a 80,0% e acúmulo de massa seca inferior a 25,0%, evidenciando a importância da quantidade de chuva e o tempo que ela leva para ocorrer no caso de aplicações sobre palhada de cana-de-açúcar.

Figura 3.2. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 10 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 4$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Com relação aos resultados obtidos quando as simulações de lâminas de chuva ocorreram aos 30 DAA após aplicação de indaziflam, notou-se que o controle e o acúmulo de massa seca de capim-colonião tiveram interação dos fatores lâminas de chuva e palhada de cana-de-açúcar significativa pelo teste F ($F = 4,2^{**}$ e $5,5^{**}$, para controle e massa seca, respectivamente) (Figuras 3.3a e b).

Observou-se que quando o indaziflam foi aplicado com ausência de palhada sobre o solo, o controle proporcionado foi eficaz ($>90,0\%$), independente da lâmina de chuva simulada. Entretanto, na presença de palhada foi constatado que nenhuma lâmina de chuva estudada foi capaz de promover controle superior a $80,0\%$, evidenciando que a presença de palhada na superfície do solo associado a um período maior de chuva (30 DAA), influenciou negativamente no controle de capim-colonião (Figura 3.3a). Os resultados obtidos com a avaliação de massa seca comprovam os resultados de controle, sendo que quando o indaziflam foi aplicado sem presença de palhada, o acúmulo de massa seca foi inferior a $20,0\%$. Já quando aplicado na presença de 10 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar, o acúmulo de massa seca foi superior a $40,0\%$, mesmo com simulação de 40 mm de chuva (Figura 3.3b).

Figura 3.3. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 30 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 4$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Tais resultados podem ser explicados pelas características físico-químicas do indaziflam, visto que se trata de um herbicida com baixa solubilidade em água ($0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a 20° C) e $\log K_{ow}$ em pH 4; 7 ou 9 = 2,8, sendo considerado moderadamente móvel (TOMPKINS, 2010) ou pouco móvel no solo (ALONSO et al., 2011; JHALA; RAMIREZ; SINGH, 2012; JHALA; SINGH, 2012). Essas características associadas a presença de palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo no momento da aplicação, podem fazer com que seja necessária uma maior quantidade de chuva logo após a aplicação para que o herbicida ultrapasse a camada de palhada e chegue até seu destino, o solo.

Guerra et al. (2015), observaram que a eficácia de controle de plantas daninhas pelo herbicida indaziflam, quando aplicado sobre 10 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar sobre o solo, foi dependente da ocorrência de chuvas pouco tempo após a aplicação. Resultado este que explica os obtidos neste trabalho, onde a presença de palhada influenciou na eficácia do produto quando as simulações de chuva ocorreram aos 10 e 30 DAA.

Segunda Kawamoto e Urano (1989), quanto menor a solubilidade em água de um herbicida, maior será a sua afinidade pela matéria orgânica do solo (MOS), devido sua alta capacidade de troca catiônica (CTC) e característica lipofílica. Portanto, também haverá afinidade pela palhada, devido a presença de lipídeos em sua composição.

Trabalho realizado por Silva (2018) mostrou correlação positiva entre o coeficiente de adsorção (K_d) do indaziflam e as porcentagens de matéria orgânica presente em diferentes tipos de solos, evidenciando que o aumento do teor de matéria orgânica no solo pode promover maior porcentagem do herbicida adsorvido na matriz coloidal.

Segundo Jones et al. (2013), houve redução nas lesões foliares e radiculares de híbridos de grama-bermuda (*Cynodon dactylon*) expostos ao indaziflam, quando se aumentou o teor de carbono orgânico no solo. Tal resultado corrobora com os descritos por Alonso et al. (2011), que ao estudar diversos solos do Brasil, verificou correlação positiva entre a sorção de indaziflam e o teor de carbono orgânico do solo.

Brosnan et al. (2012) observaram que a aplicação de $0,10 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ de indaziflam em pré-emergência de *Digitaria ischaemum* e *Poa annua* promoveu controle superior a 90%, mesmo aos 195 DAA. Perry et al. (2011) também verificaram controle satisfatório ($\geq 80\%$) de *D. ischaemum* e *P. annua*, com a aplicação de $0,12 \text{ L p.c. ha}^{-1}$ de indaziflam em pré-emergência.

Em trabalho realizado por Amim et al. (2014), visando estudar o controle de plantas daninhas pelo herbicida indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas, concluíram que as espécies de capim-colchão e capim-colonião foram totalmente controladas

na dose de 0,06 L p.c. ha⁻¹. Tal resultado evidencia a excelente eficácia de indaziflam no controle de espécies gramíneas, mesmo em doses mais baixas.

Com relação aos experimentos com aplicação de isoxaflutole, os resultados estão apresentados a seguir.

Notou-se que quando o isoxaflutole foi aplicado e logo em seguida foi realizada as simulações das lâminas de chuva (0 DAA), houve interação significativa dos fatores pelo teste F para a variável controle ($F = 3,1^*$) (Figura 3.4a). Já a variável massa seca, não teve interação significativa dos fatores lâmina de chuva e quantidade de palha ($F = 2,5^{ns}$), portanto, neste caso, as médias dos tratamentos com e sem palhada foram agrupadas, confeccionando-se apenas uma curva (Figura 3.4b).

Com relação aos dados obtidos para controle de capim-colonião, observou-se que quando o isoxaflutole foi aplicado sem presença de palhada, o aumento da lâmina de chuva proporcionou diminuição na eficácia de controle. Entretanto, ao ser aplicado na presença de palhada, notou-se comportamento inverso, sendo que o aumento da lâmina de chuva, proporcionou maior eficácia de controle (Figura 3.4a). Ressalta-se que todos os tratamentos proporcionaram controle superior a 80,0%. Os resultados para acúmulo de massa seca mostraram uma tendência de aumento da massa seca conforme maior a lâmina de chuva (Figura 3.4b).

Figura 3.4. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 0 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios (n = 4) e as barras verticais são os desvios padrões da média. Valores médios (n = 8) para acúmulo de massa seca (b).

A explicação para os resultados obtidos com controle de capim-colonião por isoxaflutole terem sido diferentes conforme aumento na lâmina de chuva está nas características físico-químicas do produto.

O isoxaflutole (IFT) é considerado um pró-herbicida, pois ao entrar em contato com água, é convertido rapidamente ao metabólito diquetonitrila (DKN), através da abertura do anel isoxazole, que é a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas (MARCHIORI JUNIOR et al., 2005). Portanto, quanto maior a quantidade de água disponível no ambiente, mais rápida será essa transformação e, portanto, por menos tempo o produto estará disponível na solução do solo. A presença de palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo no momento da aplicação contribui para que o isoxaflutole permaneça por mais tempo no ambiente, mesmo com aumento da lâmina de chuva.

Observou-se que para simulação das lâminas de chuva aos 10 DAA de isoxaflutole, não houve interação dos fatores lâmina de chuva e palhada pelo teste F, tanto para controle ($F = 2,7^{ns}$), quanto para massa seca ($F = 2,6^{ns}$). Portanto, as médias dos tratamentos com e sem palhada de cana-de-açúcar foram agrupadas para cada lâmina de chuva (Figuras 3.5a e b).

Notou-se que não houve diferença significativa entre as médias, evidenciando que independente da lâmina de chuva simulada e da presença ou ausência de palhada, o controle de capim-colonião foi eficaz ($> 80,0\%$), mesmo a simulação das lâminas ocorrendo aos 10 DAA (Figura 3.5a). Os resultados obtidos para massa seca também não foram significativos, sendo que todos os tratamentos proporcionaram acúmulo de massa seca inferior a $20,0\%$ (Figura 3.5b).

Figura 3.5. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 10 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 8$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Já para o experimento com aplicação de isoxaflutole e simulação das lâminas de chuva após 30 dias (30 DAA), notou-se que, assim como quando a simulação ocorreu aos 10 DAA, não houve interação significativa dos fatores pelo teste F, tanto para controle ($F = 2,2^{ns}$), quanto para massa seca ($F = 2,1^{ns}$), sendo as médias dos tratamentos com e sem palha agrupadas para da lâmina de chuva, a fim de se confeccionar uma única curva por variável (Figuras 3.6a e b).

Notou-se que para a ambas as variáveis estudadas, controle e massa seca, não houve diferença estatística entre as médias, sendo que independente da lâmina de chuva simulada e da presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, o controle foi superior a 80,0% (Figura 3.6a) e o acúmulo de massa seca foi inferior a 20,0% (Figura 3.6b). observou-se ainda, que para a variável controle, houve uma tendência na curva, mostrando que o aumento da lâmina de chuva (40 mm), proporcionou aumento da porcentagem de controle de capim-colonião.

Figura 3.6. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 30 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 8$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

O metabólito diquetonitrila é mais solúvel, mais estável e mais persistente do que o isoxaflutole (MITRA; BHOWMILK; XING, 2000; TAYLOR-LOVELL et al., 2000; TAYLOR-LOVELL; SIMS; WAX, 2002). Portanto, espera-se maior disponibilidade de DKN na solução do solo, com menor sorção (TAYLOR-LAVELL et al., 2000), a qual também diminui com o decréscimo da matéria orgânica no solo (MITRA; BHOWMILK; XING, 2000).

Tais informações explicam o fato de o herbicida isoxaflutole promover maiores porcentagens de controle, quando as simulações da lâmina de chuva ocorreram 30 dias após aplicação e, também, o fato de quando a aplicação é feita sobre a palhada de cana-de-açúcar, as maiores lâminas de chuva promoverem controle maior do que quando aplicado em solo descoberto.

Os resultados dos experimentos com aplicação da mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole estão apresentados a seguir.

Observou-se interação significativa dos fatores lâmina de chuva e quantidade de palhada na superfície do solo pelo teste F, quando as lâminas de chuva foram simuladas aos 0 DAA de indaziflam + isoxaflutole, tanto para a variável controle ($F = 5,1^{**}$), quanto para massa seca ($F = 4,9^{**}$) (Figuras 3.7a e b).

Com relação aos dados de controle, notou-se que quando o produto foi aplicado na ausência de palhada sobre o solo, o controle foi superior a 90,0% independente da lâmina de chuva simulada. Entretanto, quando a aplicação ocorreu sobre a palhada, foram necessárias lâminas a partir de 10 mm para que houvesse controle superior a 80,0%, evidenciando que a ausência de chuva após a aplicação, associada a presença de palhada, influenciaram de forma negativa na eficácia do produto (Figura 3.7a). Os resultados obtidos para massa seca comprovam os dados de controle, uma vez que, com aplicação na ausência de palhada, o acúmulo de massa seca foi inferior a 15,0%, independente da lâmina de chuva, e quando aplicado sobre a palhada, a ausência de lâmina de chuva promoveu acúmulo de massa seca próximo a 40,0% (Figura 3.7b).

Mesmo a concentração de indaziflam sendo inferior na mistura com isoxaflutole, em comparação ao produto isolado, observou-se que o comportamento dos produtos foi semelhante. Isso pode ser explicado pela presença do isoxaflutole na mistura, que contribuiu para o controle de capim-colonião, suprimindo a menor concentração de indaziflam. Isso é um dado importante, visto que a eficácia de controle da mistura de indaziflam + isoxaflutole foi maior do que a do indaziflam isolado, quando aplicados sobre palhada de cana-de-açúcar, necessitando de uma menor lâmina de chuva (10 mm).

Figura 3.7. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam + isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 0 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 4$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Quando as lâminas de chuva foram simuladas aos 10 DAA de indaziflam + isoxaflutole, foi possível observar que houve interação significativa dos fatores pelo teste F ($F = 2,9^*$ para controle e $F = 3,1^*$ para massa seca) (Figuras 3.8a e b).

Observou-se uma menor eficácia do produto por conta do tempo até a ocorrência das simulações de chuva (10 DAA), quando comparado a situação onde as simulações aconteceram após a aplicação do produto. Isso mostra a influência do período sem chuva, onde o herbicida, quando aplicado sobre palhada e com características de baixa solubilidade e alto K_{ow} , fica exposto a diversas situações, seja degradação pela luz do sol, por microorganismos, entre outras.

Entretanto, notou-se que, mesmo as simulações acontecendo aos 10 DAA, quando o indaziflam + isoxaflutole foi aplicado na ausência de palhada, o controle de capim-colonião foi eficaz ($> 80,0\%$), independente da lâmina de chuva. Já na aplicação sobre a palhada de cana-de-açúcar, foi necessária uma lâmina de 20 mm para promover controle superior a 80,0% da planta daninha (Figura 3.8a). Para os resultados obtidos com acúmulo de massa seca, notou-se correlação com os obtidos para controle, sendo que o resultado mais discrepante foi quando a aplicação ocorreu sobre palhada e não houve simulação de chuva (0 mm), promovendo um acúmulo de massa seca de aproximadamente 60,0% (Figura 3.8b).

Figura 3.8. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam + isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 10 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 4$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Já para o experimento com aplicação de indaziflam + isoxaflutole e simulação das lâminas de chuva aos 30 DAA, observou-se que não houve interação significativa dos fatores estudados pelo teste F, tanto para controle ($F = 0,6^{ns}$), quanto para acúmulo de massa seca ($F = 0,4^{ns}$) (Figuras 3.9a e b).

Para a variável controle, notou-se que houve uma tendência da curva em aumentar o controle de capim-colonião a medida que a lâmina de chuva aumenta, sendo que a partir de 20 mm de chuva a porcentagem de controle foi superior a 80,0% (Figura 3.9a). Com relação ao acúmulo de massa seca, observou-se a mesma coisa que para os resultados de controle, sendo que a medida de que a lâmina de chuva aumentou, o acúmulo de massa seca foi menor (Figura 3.9b).

Figura 3.9. Porcentagem de controle (a) e acúmulo de massa seca (b) de capim-colonião, aos 42 DASC, após aplicação de indaziflam + isoxaflutole na presença ou ausência de palhada de cana-de-açúcar, com simulação de lâminas de chuva (0; 10; 20 e 40 mm) aos 30 DAA. Os símbolos são representados pelos valores médios ($n = 8$) e as barras verticais são os desvios padrões da média.

Os resultados obtidos com esses experimentos evidenciam a importância da presença de chuva logo após a aplicação de herbicidas com características físico-químicas de baixa solubilidade e alto Kow, como é o caso do herbicida indaziflam, fazendo-se necessária a ocorrência de 20 mm de chuva, quando aplicado sobre palhada de cana-de-açúcar.

A mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole torna-se uma ferramenta de manejo importante para o cenário canavieiro, pois além de o isoxaflutole contribuir no controle, visto que a concentração do produto indaziflam é menor, e aumentar o espectro de ação, proporcionando o controle de mais espécies daninhas que infestam os canaviais, o isoxaflutole tem características físico-químicas diferentes das do indaziflam, que ao serem combinadas, favorecem o uso do produto em diferentes épocas do ano, como nas épocas de transição (época seca para época úmida, principalmente).

3.4. Conclusões

Após realização dos experimentos, conclui-se que o indaziflam isolado não deve ser recomendado para controle de capim-colonião, para aplicação sobre palhada de cana-de-açúcar (10 t ha^{-1}), quando o período até a ocorrência das primeiras chuvas for maior do que 30 dias e que é necessário, no mínimo, uma lâmina de 20 mm para que os produtos ultrapassem a barreira formada pela palhada e cheguem ao solo. Já o isoxaflutole pode ser recomendado para controle de capim-colonião na presença ou ausência de palhada, sendo que a quantidade de chuva após a aplicação irá determinar a eficácia do produto. A mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole é uma ferramenta para manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar na época de transição de época seca para época úmida.

Referências

- AGROFIT – **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. MAPA - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Consulta de ingrediente ativo. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: jan. 2018.
- ALONSO, D.G.; KOSKINEN, W.C.; OLIVEIRA JUNIOR, 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.
- ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas**. ALAM, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.
- 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.
- CARBONARI, C.A.; TOLEDO, R.E.B.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CORREA, M.R.; ROSSI, C.V.S. Efeitos de diferentes condições de umidade do solo e profundidades de germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria* spp. sobre a eficácia do herbicida amicarbazone. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 68-74, 2009.
- CAVENAGHI, A.L.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; TOLEDO, R.E.B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.
- CORREIA, N.M.; BRAZ, B.A.; FUZITA, W.E. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 631-642, 2010.
- GUERRA, N.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M.; PUTON, G.; GARRIDO, T.H.P. Influence of precipitation and sugarcane straw in aminocyclopyrachlor and indaziflam control efficiency. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 535-542, 2015.
- JHALA, A.J.; RAMIREZ, A.H.; SINGH, M. Leaching of indaziflam applied of two rates under different rainfall situations in Florida Candler Soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 88, n. 3, p. 326-332, 2012.
- JHALA, A.J.; SINGH, M. Leaching of indaziflam compared with residual herbicides commonly used by Florida citrus. **Weed Technology**, v.26, n.3, p.602-607, 2012.
- JONES, P.A.; BROSNAN, J.T.; KOPSELL, D.A.; BREEDEN, G.K. Effect of reed-sedge peat moss on hybrid bermudagrass injury with indaziflam and prodiamine in sand based root zones. **Weed Technology**, v. 27, n. 3, p. 547- 551, 2013.

- KAAPRO, J., HALL, J. Indaziflam - A new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Weed Science**, v. 18, p. 267-270, 2012.
- KAWAMOTO K.; URANO K. Parameters for predicting fate of organochlorine pesticides in the environment (II) Adsorption constant to soil. **Chemosphere**, v. 19, p. 1223 - 1231, 1989.
- MACIEL, C.D.C.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2005.
- MARCHIORI JUNIOR, O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 491-499, 2005.
- MITRA, S.; BHOWMILK, P.C.; XING, B. Sorption and desorption of the diketone nitrile metabolite of isoxaflutole in soils. **Environmental Pollution** v. 108, n. 2, p. 183-190, 2000.
- MONQUERO, P.A.; HIJANO, N.; ORZARI, I.; SABBAG, R.S.; HIRATA, A.C.S. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2799-2812, 2012.
- MYERS, D.F.; HANRAHAN, R.; MICHEL, J.; MONKE, B.; MUDGE, L.; NORTON, L.; OLSEN, C.; PARKER, A.; SMITH, J.; SPAK, D. Indaziflam/BCS-AA10717 - A new herbicide for pre-emergent control of grasses and broadleaf weeds for turf and ornamentals. **Proceeding South Weed Science Society**, v. 62, p. 393, 2009.
- NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; CORRÊA, M.R.; ROSSI, C.V.S.; CARBONARI, C.A.; COSTA, A.G.F.; PERIM, L. Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone + hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 169-177, 2011.
- ORZARI, I. **Efeitos de herbicidas no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar e lixiviação, absorção e translocação de diurom**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- PERRY, D.H., MCELROY, J.S., DOROH, M.C., WALKER, R.H. Indaziflam Utilization for Controlling Problematic Turfgrass Weeds. Online. **Applied Turfgrass Science**, v. 8, n. 1, 2011.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 7ª ed. Londrina, 697p. 2018.
- 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 em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2018.

SYSTAT SOFTWARE Inc – SSI. **Sigmaplot for Windows**, version 10.0, 2006. Disponível em: <<http://www.systat.com.products/sigmaplot>> Acesso em: 19 julho 2018.

TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G.K.; WAX, L.M.; HASSETT, J.J. Hydrolysis and soil adsorption of the labile herbicide isoxaflutole. **Environmental Science & Technology**, v. 34, n. 15, p. 3186-3190, 2000.

TAYLOR-LOVELL, S.; SIMS, G.K.; WAX, L.M. Effects of moisture, temperature, and biological activity on the degradation of isoxaflutole in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5626-5633, 2002.

TOLEDO, R.E.B.; NEGRISOLI, E. Biologia e manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: BALDIN, E.L. **II SIMPROT – Avanços em Fitossanidade**. Botucatu. Unesp / FEPAF, p. 105-120, 2011.

TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet - indaziflam. United States. 2010. Disponível em: <http://www.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC080818_26-Jul-10.pdf>. Acesso em: Out. 2015.

4. INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE SECA NA EFICÁCIA DE CONTROLE DE CAPIM-COLONIÃO POR INDAZIFLAM E ISOXAFLUTOLE, APLICADOS ISOLADOS E EM ASSOCIAÇÃO

Resumo

O período sem ocorrência de chuva após a aplicação de alguns herbicidas interfere na sua eficácia e, também, no seu período residual, principalmente no sistema de produção de cana-de-açúcar, onde é necessário que os herbicidas controlem as plantas daninhas por um período mais longo, até o fechamento da entre-linha. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião por indaziflam e isoxaflutole, aplicados de forma isolada e em associação. Foram realizados seis experimentos de curva de dose-resposta, em casa de vegetação, com aplicação de indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole em duas condições de palhada (0 e 10 t ha⁻¹). Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e esquema fatorial 6 x 6, sendo seis doses de cada herbicida (0D; 1/4D; 1/2D; 1D; 2D e 4D, sendo D a dose comercial de cada produto) e seis períodos de seca após a aplicação (0; 15; 30; 45; 60 e 90 DAA). Após os períodos de seca, foi simulada uma chuva de 20 mm. A palhada foi removida de todos os experimentos 48 horas após as simulações de chuva, visando a não interferência física na emergência da espécie. As avaliações de controle foram até 35 DASC, sendo que no último dia de avaliação foi realizada avaliação de massa seca das plantas. Notou-se influência negativa na eficácia de controle de indaziflam e indaziflam + isoxaflutole, quando aplicados sobre palhada de cana-de-açúcar. Entretanto, quando aplicados sem a presença de palhada o controle foi eficaz, mesmo com período de seca de 60 dias. O isoxaflutole proporcionou controle satisfatório (> 80,0%) quando aplicado na presença ou ausência de palhada, independente do período de seca. Concluiu-se que o herbicida indaziflam isolado não deve ser aplicados para controle de capim-colonião em situação de presença de palhada quando o período de seca for superior a 30 dias. O isoxaflutole pode ser utilizado tanto em presença, quanto ausência de palhada, independente do período de seca. Já indaziflam + isoxaflutole pode ser recomendado em épocas de transição da época seca para época úmida, onde o período de seca é inferior a 30 dias, quando aplicado sobre palhada de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Controle residual; Chuva após aplicação; *Panicum maximum*; Palhada de cana-de-açúcar

Abstract

The period without the occurrence of rain after the application of some herbicides interferes in its effectiveness and also in its residual period, mainly in the system of production of sugar cane, where it is necessary that the herbicides control the weeds for a period longer, until the inter-line closing. In this way, the objective of this work was to evaluate the influence of the drought period on the effectiveness of indaziflam and isoxaflutole control of *Panicum maximum*, applied alone and in association. Six dose-response curve experiments were performed in greenhouse with indaziflam, isoxaflutole and indaziflam + isoxaflutole application in two straw conditions (0 and 10 t ha⁻¹). All experiments were conducted in a

randomized complete block design with four replicates and a 6 x 6 factorial scheme, with six doses of each herbicide (0D, 1/4D, 1/2D, 1D, 2D and 4D, D being the commercial dose of each product) and six dry periods after application (0; 15; 30; 45; 60 and 90 DAA). After periods of drought, a rainfall of 20 mm was simulated. The straw was removed from all experiments 48 hours after the rain simulations, aiming at the non-physical interference in the emergence of the species. The control evaluations were up to 35 DASC, being that on the last day of evaluation was performed dry mass evaluation of the plants. There was a negative influence on the efficacy of indaziflam and indaziflam + isoxaflutole when applied on sugarcane straw. However, when applied without the presence of straw the control was effective, even with a dry period of 60 days. The isoxaflutole provided satisfactory control (> 80.0%) when applied in the presence or absence of straw, regardless of the dry period. It was concluded that the herbicide indaziflam isolate should not be applied for control of *Panicum maximum* in the presence of straw when the drought period is longer than 30 days. Isoxaflutole can be used in the presence or absence of straw, regardless of the dry period. Already indaziflam + isoxaflutole can be recommended at times of transition from dry season to wet season, where the dry season is less than 30 days, when applied on sugar cane straw.

Keywords: Residual control; Rain after application; *Panicum maximum*; Sugar cane straw.

4.1. Introdução

Os herbicidas têm importante participação na agricultura brasileira, visto que é uma das classes de defensivos agrícolas mais utilizadas (FERREIRA; CAMARGO; VERGO, 2013). Desta maneira, o uso racional e consciente desses produtos, aliado a realização de estudos visando compreender o comportamento desses produtos no solo, torna-se uma importante missão, visto que essa atividade agrícola é muito questionada do ponto de vista ambiental (MANCUSO et al., 2011).

O sistema de produção agrícola de cana-de-açúcar sofreu várias modificações ao longo dos anos, sendo a principal delas, a mecanização da colheita e a não mais queima do canavial antes do processo de colheita, deixando grande quantidade de resíduos vegetais sobre o solo, que podem exceder 20 t ha⁻¹ (GUERRA et al., 2015). Esse novo método de colheita de cana-de-açúcar originou um novo sistema de produção denominado de cana-crua (FERREIRA et al., 2010).

Essa palhada deixada sobre o solo após o processo de colheita da cana-de-açúcar têm grande importância na manutenção das características do solo, pois evita erosão, aumenta o teor de matéria orgânica do solo, melhora a atividade biológica do solo, prolonga o armazenamento de água em seu perfil, devido à menor evaporação (MEYER; WISCHMEIER; FOSTER, 1970; LOPES; COGO; LEVIEN, 1987; LOMBARDI NETO et al., 1988; ALVES; COGO; LEVIEN, 1995), além de servir como uma barreira física para a emergência de diversas plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2009). Entretanto, são poucas as informações sobre a dinâmica de

herbicidas e da água das chuvas em coberturas mortas (LOCKE; BRYSON, 1997; RODRIGUES; LIMA; FORNAROLLI, 1997, 2000; MARTINS et al., 1999; CORREIA; DURIGAN, 2004).

Nesse sentido, a palhada de cana-de-açúcar pode, simultaneamente, reduzir o potencial de infestação de algumas populações de plantas daninhas, principalmente àquelas com sementes pequenas e pouca reserva, como também dificultar o desempenho de herbicidas, uma vez que a dinâmica de herbicidas sobre a palha depende da época e da quantidade de chuvas após aplicação dos produtos (MACIEL; VELINI, 2005).

O período em que a área canvieira permanece sem chuva após aplicação de herbicidas influencia diretamente na sua mobilidade no ambiente (JONES JUNIOR; BANKS; RADCLIFFE, 1990; SORENSON; SHEA; ROETH, 1991; NEGRISOLI et al., 2005; CAVENAGHI et al., 2007; TOLEDO et al., 2009; ROSSI et al., 2013), pois após permanecerem por longos períodos sobre a palha de cana-de-açúcar, os herbicidas podem sofrer degradação ou ficarem fortemente adsorvidos na palha, ao ponto de não conseguirem ser remobilizados no momento que ocorrerem as chuvas (SILVA, 2018).

Portanto, conhecer as características físico-químicas dos produtos aplicados na cultura da cana-de-açúcar e a sua mobilidade quando aplicado sobre palhada, são fundamentais para determinar a eficácia e o período residual do produto em canaviais, fazendo com que pesquisas que abordem esse tema de dinâmica de herbicidas em palha, façam-se necessárias para orientar corretamente o posicionamento do herbicida nessas condições, visando maior eficácia no controle das plantas daninhas. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do período de seca na eficácia de controle de capim-colonião (*Panicum maximum*), após aplicação em pré-emergência dos herbicidas indaziflam, isoxaflutole e indaziflam + isoxaflutole, em condições sem e com palha (0 e 10 t ha⁻¹) de cana-de-açúcar na superfície do solo no momento da aplicação.

4.2. Material e Métodos

Foram realizados seis experimentos de curva de dose-resposta, abrangendo a aplicação de indaziflam e isoxaflutole, de forma isolada e em associação, em duas situações de palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo, sendo ausência (0 t ha⁻¹) e presença (10 t ha⁻¹).

O delineamento experimental adotado em todos os experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e em esquema fatorial de 6 x 6, sendo o primeiro fator correspondente as doses dos herbicidas utilizados (0D; 1/4D; 1/2D; 1D; 2D e 4D, sendo D a

dose comercial de cada produto) e o segundo fator correspondeu aos períodos de seca submetidos a cada tratamento após a aplicação dos herbicidas (0; 15; 30; 45; 60 e 90 dias após aplicação (DAA)). Abaixo estão expressas as doses utilizadas de cada produto (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Doses e concentração dos produtos utilizados nos experimentos.

Doses	Dose ¹ (g ou mL p.c. ha ⁻¹)			Concentração ² (g i.a. kg ⁻¹ ou L ⁻¹)		
	Indaziflam	Isoxaflutole	Indaziflam + Isoxaflutole	Indaziflam	Isoxaflutole	Indaziflam + Isoxaflutole
0D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/4D	50,0	30,0	62,5,0	25,0	22,5	9,4 + 28,1
1/2D	100,0	60,0	125,0	50,0	45,0	18,8 + 56,3
1D	200,0	120,0	250,0	100,0	90,0	37,5 + 112,5
2D	400,0	240,0	500,0	200,0	180,0	75,0 + 225,0
4D	800,0	480,0	1000,0	400,0	360,0	150,0 + 450,0

¹ p.c. – dose de produto comercial; ² i.a. – concentração de ingrediente ativo (Indaziflam (500 g i.a. L⁻¹); Isoxaflutole (750 g i.a. kg⁻¹); Indaziflam + Isoxaflutole (150 + 450 g i.a. L⁻¹)).

As unidades amostrais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para 1 L de solo, preenchidos com solo peneirado coletado da camada arável (0,0 – 0,2 m) em área sem histórico de aplicação de herbicidas. As características físico-químicas do solo estão expressas abaixo (Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Características físico-químicas do solo utilizado nos experimentos

pH	P (resina)	Al	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(CaCl ₂)	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³				%
5,3	10,0	<1,0	25,0	2,8	26,0	13	41,8	66,8	63
			Argila	Silte	Areia				
			%						
			41,0	5,0	54,0				

Fonte: Laboratórios de Análises Químicas – Pesquisa. Ciência do Solo (ESALQ/USP).

A palhada de cana-de-açúcar utilizada nos experimentos foi coletada de canavial comercial, pertencente a usina Iracema, em área plantada com a variedade RB966928 e foi

retirada da área logo após colheita, antes que houvesse aplicação de herbicidas, visando a não contaminação da palhada. Ela foi seca ao ar, picada de forma manual com auxílio de tesouras e armazenada em local seco até a instalação do experimento. Foi utilizada cerca de 20,0 g de palhada de cana-de-açúcar por vaso, a fim de se proporcionar a quantidade de 10 t ha⁻¹.

As sementes de capim-colonião foram adquiridas na empresa Agro Cosmos (Cosmos Agrícolas Produção e Serviços Rurais Ltda), situada no município de Engenheiro Coelho/SP. Seguindo recomendações da empresa, foram semeadas cerca de 0,32 g de sementes por vaso a uma profundidade de 2 cm, a fim de se obter 10 plantas.

Após realização da semeadura, a palhada foi depositada na superfície dos vasos de forma proporcional aos tratamentos e, então, foi feita a aplicação dos produtos herbicidas. Para tal atividade foi utilizado pulverizador costal, pressurizado a CO₂, com pressão de 200 kPa, equipado com barra contendo quatro bicos tipo “leque” TTI 11002, espaçados entre si em 0,5 m, com consumo de 200 L ha⁻¹ de calda. As condições meteorológicas no momento da aplicação foram: temperatura de 22,5° C; umidade relativa do ar de 55% e velocidade do vento entre 1,1 e 2,3 km ha⁻¹.

Posteriormente a realização da aplicação dos herbicidas, os experimentos foram levados para a casa-de-vegetação. O primeiro tratamento de cada experimento, referente a zero dias de seca (0 DAA), recebeu uma simulação de lâmina de chuva de 20 mm, enquanto os demais tratamentos permaneceram sem irrigação até completarem os respectivos períodos de seca.

Para realizar a simulação da lâmina de chuva de 20 mm, os vasos dos tratamentos permaneceram com irrigação constante por 3 horas e 20 min. Concluído o tempo de irrigação, os vasos foram transferidos para outra parte da casa-de-vegetação e retirados da irrigação. Após 48 horas da realização da simulação da lâmina de chuva, a palhada de cana-de-açúcar foi retirada dos vasos, a fim de não prejudicar a emergência da planta daninha pela barreira física. Posteriormente, os vasos foram mantidos com irrigação de cerca de 4 mm dia⁻¹. O mesmo procedimento foi realizado para os experimentos que permaneceram por períodos de seca de 15; 30; 45; 60 e 90 DAA.

As avaliações de controle da planta daninha aconteceram aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após simulação de chuva (DASC) para cada experimento. As avaliações seguiram o modelo proposto pela ALAM (1974), onde zero (0%) corresponde à ausência de controle das plantas daninhas e 100% refere-se a morte total das plantas daninhas estudadas.

Aos 35 DASC foi realizada a avaliação de massa seca. Para isso, as plantas daninhas remanescentes aos tratamentos foram cortadas rentes ao solo, com auxílio de uma tesoura,

acondicionadas em sacos de papel identificados e levadas até uma estufa de circulação forçada de ar (70° C), onde permaneceram até atingir peso constante.

Os dados obtidos no trabalho foram submetidos a análise de variância pelo teste F. Em seguida, os dados quantitativos (curva de dose-resposta) foram ajustados a modelos de regressão não-linear do tipo logístico, propostos por Streibig (1988) para controle percentual (4.1) e Seefeldt, Jensen e Fuerst (1995) para massa seca residual (4.2):

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (4.1)$$

$$y = P_{\text{mín}} + \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]} \quad (4.2)$$

Em que: y é o controle percentual ou a massa seca residual, x é a dose do herbicida (g ou mL p.c. ha⁻¹), $P_{\text{mín}}$ é o ponto mínimo da curva; a , b e c são parâmetros estimados da equação, de tal forma que a é a amplitude existente entre o ponto máximo e o ponto mínimo da variável; b é a dose que proporciona 50% de resposta da variável e c é a declividade da curva ao redor de b .

Este modelo logístico possui vantagens, pois um dos termos que integram a equação (b) é uma estimativa do valor de DL₅₀ ou GR₅₀ (CHRISTOFFOLETI, 2002). A DL₅₀ (dose letal para 50% da população) ou GR₅₀ (redução do crescimento da população em 50%) é a dose do herbicida que proporciona o valor de 50% de controle ou de redução de crescimento da planta daninha (CHRISTOFFOLETI, 2002). Embora um dos parâmetros do modelo logístico (b) seja uma estimativa do valor de DL₅₀ e/ou GR₅₀, optou-se por também realizar o cálculo matemático dessa estimativa, bem como para a estimativa de DL₈₀ e/ou GR₈₀, por meio da equação inversa (4.3), com base na discussão proposta por Carvalho et al. (2005).

$$x = b * \sqrt[c]{\frac{a}{y - P_{\text{mín}}} - 1} \quad (4.3)$$

4.3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos após condução dos experimentos com aplicação de indaziflam isolado, estão expressos a seguir.

Com relação a aplicação de indaziflam sem presença de palhada na superfície do solo, notou-se que não houve interação significativa dos fatores doses do produto e períodos de seca pelo teste F a 5% de significância, tanto para a variável controle ($F = 0,9^{ns}$), quanto para a massa seca ($F = 1,9^{ns}$). Por esse motivo, as médias dos resultados foram agrupadas e apresentadas por apenas uma curva de dose-resposta.

Na Tabela 4.3. abaixo, estão expressos os valores obtidos para controle da população de capim-colonião, quando o indaziflam foi aplicado sem presença de palhada de cana-de-açúcar. Observou-se que 89,3 mL p.c. ha⁻¹ de indaziflam foi capaz de proporcionar 80,0% de controle de capim-colonião, independente do período de seca ao qual foi submetido. Dose está que é inferior a dose comercial do produto (200 mL p.c. ha⁻¹). Tal resultado evidencia a alta eficácia de controle do produto sobre a planta de capim-colonião quando aplicado sem ituação sem palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo.

Tabela 4.3. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose letal (DL_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, por indaziflam, aplicado sobre 0 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R^2	DL_{80}
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
Controle (%)	NS ¹	100,65	35,37	-1,46	0,99	89,3

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

Os dados obtidos para massa seca estão expressos na Tabela 4.4. e comprovam os dados de controle, visto que a dose necessária para promover redução de 80,0% na massa seca de capim-colonião foi inferior a dose comercial, apenas 112,0 mL p.c. ha⁻¹.

Tabela 4.4. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, por indaziflam, aplicado sobre 0 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\min}$	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
Massa seca (%)	NS ¹	-0,54	102,68	40,09	1,35	0,98	112,0

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

Nas Figuras 4.1a e b estão expressas as curvas de dose-resposta por indaziflam aplicado sem presença de palhada, tanto para controle, quanto para massa seca, respectivamente. Assim como foi mencionado a cima, que por não haver interação significativa dos fatores, foi confeccionada apenas uma curva para cada variável. Notou-se que a medida que a dose do produto aumentou, a porcentagem de controle também foi maior, sendo aproximadamente 90,0% de controle quando aplicado em dose comercial (200 mL p.c. ha⁻¹), independente do período de seca a qual foi submetido (Figura 4.1a). O acúmulo de massa seca também diminuiu conforme a dose do produto aumentou, sendo que na dose comercial, a porcentagem de acúmulo de massa seca foi inferior a 10,0% (Figura 4.1b).

Figura 4.1. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colônia por indaziflam, sem presença de palhada de cana-de-açúcar (0 t ha⁻¹).

Já quando a aplicação de indaziflam foi realizada sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar, houve interação significativa dos fatores pelo teste F, sendo o valor de F para controle igual a 4,4** e para massa seca igual a 5,3**.

Observou-se que a medida que o período de seca a qual o produto foi submetido aumentou, a dose necessária para promover controle de 80,0% da população de capim-colonião também aumentou, sendo que a partir de 30 dias de seca (simulação de chuva aos 30 DAA) foi necessária uma dose superior a dose comercial do produto, cerca de 216,5 mL p.c. ha⁻¹ (Tabela 4.5). Tais resultados mostram que, quando o herbicida indaziflam é aplicado sobre palhada de cana-de-açúcar, o tempo para ocorrência das primeiras chuvas influencia diretamente na eficácia de controle do produto. Para um período de seca igual a 90 dias, foi necessária uma dose de 673,5 mL p.c. ha⁻¹ para proporcionar 80,0% de controle, ou seja, dose três vezes mais elevada.

Tabela 4.5. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R²) e dose letal (DL₈₀) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam, aplicado sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R ²	DL ₈₀
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
Controle (%)	0 DAA	101,5	39,2	-1,5	0,98	93,7
	15 DAA	104,5	48,3	-1,2	0,98	131,9
	30 DAA	104,4	64,0	-1,0	0,98	216,5
	45 DAA	108,5	93,0	-0,8	0,98	318,0
	60 DAA	112,2	141,3	-0,8	0,98	420,6
	90 DAA	123,1	273,8	-0,7	0,98	673,5

O mesmo foi notado com relação ao acúmulo de massa seca, onde, a partir de 30 dias de seca, foi necessária uma dose de 241,3 mL p.c. ha⁻¹ para promover controle de 80,0% (Tabela 4.6). Ressalta-se que o controle de 80,0% é considerado satisfatório segundo escala percentual de controle visual proposta pela ALAM (1974), entretanto, o capim-colonião se trata de uma espécie daninha muito agressiva e competitiva, fazendo-se necessário maiores porcentagens de controle, visando a menor competição da planta daninha com a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 4.6. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam, aplicado sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\min}$	a	b	c		
Massa seca (%)	0 DAA	0,7	101,9	41,4	1,5	0,97	107,4
	15 DAA	-4,9	106,2	56,7	1,2	0,97	153,9
	30 DAA	-3,0	104,6	70,7	1,0	0,97	241,3
	45 DAA	-6,1	107,7	102,8	0,9	0,96	361,0
	60 DAA	-15,1	116,3	186,2	0,7	0,96	593,1
	90 DAA	-30,1	130,5	389,7	0,6	0,97	808,8

Nas Figuras 4.2a e b estão apresentadas as curvas de dose-resposta por indaziflam, para controle e massa seca, respectivamente, quando aplicado sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar. Notou-se que a medida que a dose do produto aumentou, a porcentagem de controle da planta daninha também aumentou. Entretanto, o período de seca a qual o herbicida foi submetido interferiu diretamente na eficácia de controle, sendo que, a partir de 30 dias de seca, foi necessário dose superior a dose comercial (Figura 4.2a). Os resultados da curva de dose-resposta obtidos para acúmulo de massa seca estão apresentados na Figura 4.2b e mostram a mesma tendência que os dados de controle, onde o aumento da dose de indaziflam faz com que as porcentagens de acúmulo de massa seca diminuam, porém, a medida que o período de seca após a aplicação aumentou, interferiu negativamente na eficácia do produto. Esses resultados evidenciam que este produto não deve ser aplicado na dose comercial sobre a palhada de cana-de-açúcar em épocas secas do ano, onde as chuvas demoram mais de 30 dias para ocorrer, necessitando de doses maiores para promover controle satisfatório (> 80,0%).

Figura 4.2. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colonião pela aplicação do herbicida indaziflam, após períodos de seca (0; 15; 30; 45; 60 e 90 DAA), com presença de palhada de cana-de-açúcar (10 t ha⁻¹).

Foi possível constatar que o herbicida indaziflam, quando aplicado em solo sem presença de palhada, suportou um período de seca de 90 dias. Este resultado corrobora com

resultados obtidos por Brosnan, McCullough e Breeden (2011), que avaliando o controle de *Digitaria ischaemun* com indaziflam aplicado em pré-emergência em diferentes épocas, utilizando doses de 70; 105 e 140 mL p.c. ha⁻¹, em dois tipos distintos de solo, observaram controle superior a 98,0% até 105 dias após a aplicação do produto. Aos 195 dias após aplicação, o controle reduziu, porém, permanecendo a cima de 90,0% e sem diferença estatística entre as doses. Perry et al. (2011), também obteve resultados semelhantes para o controle de *Digitaria sanguinalis*, 90,0% de controle com 203 dias após aplicação.

O herbicida indaziflam tem como característica, um longo residual no solo, sendo citado por alguns autores, sendo superior a 150 dias, permitindo maior flexibilidade quanto a época de sua aplicação (TOMPKINS, 2010; KAAPRO; HALL, 2012).

Entretanto, Alonso et al. (2011), alertam para o fato de que esse período pode ser, possivelmente, inferior a 150 dias nas regiões tropicais devido às altas temperaturas e chuvas abundantes. Além de que a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, como por exemplo a palha de cana-de-açúcar, pode interceptar o herbicida, fazendo com que este fique fortemente adsorvido a ele caso o período sem chuva seja longo.

Em trabalho realizado por Guerra et al. (2015), avaliando a influência da precipitação e da palha de cana-de-açúcar na eficiência de controle de indaziflam, constataram que os tratamentos com palha, que receberam simulação de chuva logo após a aplicação, tiveram controle eficiente de *Euphorbia heterophylla* pelo herbicida indaziflam (> 85,0%). Já os tratamentos com palha, que não tiveram simulação de lâmina de chuva, não proporcionaram controle satisfatório de *E. heterophylla* (< 50,0%). Resultados estes que também corroboram com encontrados por Rossi et al. (2013) para o herbicida metribuzin, que apresentou maior porcentagem de transposição do produto da palha para o solo, quando recebeu simulação de chuva no mesmo dia da aplicação.

De acordo com Christoffoleti et al. (2009), herbicidas que apresentam menor retenção na palhada são aqueles que apresentam maior solubilidade em água e menor K_{ow}. No caso do herbicida indaziflam, mesmo com características de baixa solubilidade, a simulação de 20 mm de chuva após a aplicação, é capaz de transportar o herbicida da palha para a superfície do solo. O autor ressalta ainda, que se a precipitação demorar a ocorrer, a quantidade de herbicida que sai da palha diminui, comprometendo o controle de plantas daninhas.

Esta informação explica a diferença de controle conforme o período de seca a qual o herbicida foi submetido aumenta, principalmente nas situações com palha.

Após realização dos experimentos com aplicação de isoxaflutole sem a presença de palhada de cana-de-açúcar na superfície do solo, observou-se que não houve interação

significativa pelo teste F para os fatores doses do produto e épocas de seca, tanto para controle ($F = 1,2^{ns}$), quanto para acúmulo de massa seca ($F = 1,5^{ns}$) (Tabela 4.7 e 4.8).

Entretanto, notou-se que, independente do período de seca ao qual a aplicação das diferentes doses de isoxaflutole foi submetida, a dose necessária para promover 80,0% de controle da população de capim-colonião e para proporcionar 80,0% de redução de matéria seca, foi inferior a dose comercial do produto ($120 \text{ g p.c. ha}^{-1}$), sendo a dose de $66,5 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ para promover 80,0% de controle (Tabela 4.7) e a dose de $90,1 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ para proporcionar redução da massa seca em 80,0% (Tabela 4.8). Esses resultados evidenciam a alta eficácia do produto no controle de capim-colonião e a capacidade de promover controle satisfatório ($> 80,0\%$) mesmo após períodos diferentes de seca. Essa característica é importante no cenário canavieiro, principalmente pelo fato da cultura da cana-de-açúcar ser cultivada o ano todo, passando por períodos diferentes do ano com relação a disponibilidade hídrica.

Tabela 4.7. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose letal (DL_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, por isoxaflutole, aplicado sobre 0 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R^2	DL_{80}
		a	b	c		
Controle (%)	NS ¹	98,0	23,5	-1,4	0,99	66,5

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

Tabela 4.8. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, por isoxaflutole, aplicado sobre 0 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\min}$	a	b	c		
Massa seca (%)	NS ¹	2,20	99,24	29,60	1,36	0,98	90,2

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

As Figuras 4.3a e b a seguir, expressam as curvas de dose-resposta para controle e para acúmulo de massa seca, após aplicação de doses diferentes de isoxaflutole na ausência de palhada e submetidas a períodos diferentes de seca após a aplicação.

Como mencionado nas Tabelas acima, notou-se que não houve diferença significativa dos fatores, portanto, foram confeccionadas apenas uma curva para cada variável avaliada.

Observou-se que a medida que a dose do produto aumentou, a porcentagem de controle de capim-colônia aumentou (Figura 4.3a), assim como a porcentagem de acúmulo de massa seca diminuiu (Figura 4.3b), sendo que a dose comercial de isoxaflutole (120 g p.c. ha⁻¹) promoveu controle satisfatório (> 80,0%) da planta daninha avaliada, independente do período de seca ao qual foi submetida.

Figura 4.3. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colonião por isoxaflutole, sem presença de palhada de cana-de-açúcar (0 t ha⁻¹).

Com relação a aplicação de isoxaflutole sobre palhada (10 t ha^{-1}), notou-se que também não houve interação significativa dos fatores doses do produto e períodos de seca ($F = 0,6^{\text{ns}}$, tanto para a variável controle, quanto para massa seca).

Observou-se que, tanto para proporcionar 80,0% de controle ou de redução da massa seca das plantas de capim colônia, foram necessárias doses inferiores a dose comercial do produto, sendo $43,4 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ para controle (Tabela 4.9) e $52,8 \text{ g p.c. ha}^{-1}$ para massa seca (Tabela 4.10), independente do período de seca ao qual foram submetidas. Tais resultados comprovam que o isoxaflutole tem eficácia de controle tanto aplicado sobre o solo, sem presença de palhada, quanto sobre a palhada de cana-de-açúcar, fazendo deste herbicida uma ferramenta de controle de plantas daninhas no sistema de produção de cana-de-açúcar.

Tabela 4.9. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose letal (DL_{80}) para controle de capim-colônia aos 35 DASC, por isoxaflutole, aplicado sobre 10 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R^2	DL_{80}
		a	b	c		
Controle (%)	NS ¹	97,7	19,6	-1,9	1,00	43,4

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

Tabela 4.10. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colônia aos 35 DASC, por isoxaflutole, aplicado sobre 10 t ha^{-1} de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\text{mín}}$	a	b	c		
Massa seca (%)	NS ¹	3,72	97,56	24,79	2,13	0,99	52,8

¹ - Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias de controle obtidas nos diferentes períodos de seca foram agrupadas.

Nas Figuras 4.4a e b abaixo, estão apresentadas as curvas de dose-resposta para controle e massa seca após aplicação de isoxaflutole sobre palhada de cana-de-açúcar e submetido a períodos de seca diferentes.

Não houve interação significativa dos fatores, portanto, foi confeccionada apenas uma curva para controle e uma para massa seca.

Observou-se que a medida que a dose de isoxaflutole aumentou, o controle de capim-colonião também foi maior, sendo que quando se utilizou a dose comercial ($120 \text{ g p.c. ha}^{-1}$) o controle foi superior a 90,0%, independenten do período de seca (Figura 4.4a). O mesmo resultado foi observado para a variável massa seca, sendo que aplicando-se a dose comercial de isoxaflutole, o acúmulo de massa seca, independente do período de seca, foi inferior a 10,0% (Figura 4.4b).

Figura 4.4. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colônia por isoxaflutole, com presença de palhada de cana-de-açúcar (10 t ha⁻¹).

O herbicida isoxaflutole, em razão de suas características, é um herbicida que apresenta particularidade no que diz respeito a sua aplicação no campo. Uma vez que sua

atividade herbicida depende da conversão do isoxaflutole em diquetonitrila e que esta depende da disponibilidade de água no solo, aplicações desse herbicida podem ser feitas durante todo o período mais seco do ano. Assim que as primeiras chuvas vão acontecendo, simultaneamente a emergência das plantas daninhas, há a conversão do herbicida, prolongando sua atividade residual no campo. Esse fato é particularmente interessante para as áreas de corte de cana que se concentram entre os meses de maio e agosto, em que muitos herbicidas simplesmente não são efetivos, devido à baixa disponibilidade de água no solo (MARCHIORI JUNIOR et al., 2005).

Não há informações concretas que quantifiquem o nível de umidade necessária para “ativar” o produto, nem com relação ao período que ele suporta sem umidade antes ser metabolizado (MARCHIORI JUNIOR et al., 2005). Segundo Rodrigues e Almeida (2018), o produto apresenta boa estabilidade em condições de seca, podendo aguardar, dependendo da dose, por mais de 60 dias o início das chuvas.

Já com relação a aplicação da mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole sem a presença de palhada de cana-de-açúcar sobre a superfície do solo, foi possível observar que houve interação significativa dos fatores doses do produto e períodos de seca, tanto para controle ($F = 2,1^{**}$), quanto para massa seca ($F = 2,5^{**}$).

Na Tablea 4.11, estão apresentados os dados para controle de capim-colonião após aplicação de indaziflam + isoxaflutole sem a presença de palhada e submetido a diferentes períodos de seca. Notou-se que a medida que o período de seca aumentou, após a aplicação do produto, a dose necessária para proporcionar controle de 80,0% da planta daninha também aumentou. Entretanto, observou-se que a dose comercial utilizada (250 mL p.c. ha⁻¹) foi capaz de promover controle satisfatório (> 80,0%), mesmo após 60 dias de seca. Já para um período de seca superior a 90 dias, foi necessária uma dose superior a dose comercial (278,5 mL p.c. ha⁻¹). Em comparação aos resultados obtidos para o herbicida indaziflam, quando aplicado nas mesmas condições, porém de maneira isolada, notou-se que o indazifalm isolado proporcionou controle satisfatório (> 80,0%) mesmo após 90 dias de seca. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de o produto comercial de indaziflam + isoxaflutole ter as concentrações de indaziflam e isoxaflutole, inferiores as dos produtos comerciais de cada um isolados.

Tabela 4.11. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose letal (DL_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam + isoxaflutole, aplicado sobre 0 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R^2	DL_{80}
		a	b	c		
Controle (%)	0 DAA	100,0	44,3	-1,8	0,99	95,6
	15 DAA	101,3	50,8	-1,5	1,00	121,0
	30 DAA	101,6	57,3	-1,4	1,00	145,7
	45 DAA	99,1	67,9	-1,6	1,00	163,2
	60 DAA	99,1	81,6	-1,4	1,00	228,2
	90 DAA	99,6	103,1	-1,4	1,00	278,5

Com relação aos resultados de massa seca, observou-se que após período superior a 60 dias de seca, a dose comercial do produto não foi capaz de proporcionar redução de massa seca superior a 80,0%, necessitando de doses mais elevadas (285,8 mL p.c. ha⁻¹ para período de seca de 60 dias e 356,1 mL p.c. ha⁻¹ para período de seca de 90 dias) (Tabela 4.12). Até o período de 45 dias de seca após a aplicação de indaziflam + isoxaflutole, a dose comercial foi eficaz na redução de massa seca de capim-colonião.

Tabela 4.12. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam + isoxaflutole, aplicado sobre 0 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\min}$	a	b	c		
Massa seca (%)	0 DAA	0,3	101,1	54,9	1,9	0,99	117,5
	15 DAA	-1,4	102,3	65,9	1,6	0,99	153,0
	30 DAA	1,3	101,7	76,9	1,9	0,99	165,4
	45 DAA	2,5	101,9	85,3	1,8	0,98	200,4
	60 DAA	4,0	99,8	110,6	1,7	0,99	285,8
	90 DAA	3,5	100,3	144,0	1,8	0,99	356,1

Nas Figuras 4.5a e b, estão apresentadas as curvas de dose-resposta para controle e massa seca após aplicação de indaziflam + isoxaflutole.

Notou-se que a medida que a dose de produto aumentou, a porcentagem de controle da planta daninha também aumentou. Entretanto, o aumento no período de seca após aplicação do produto influenciou de forma negativa no controle de capim-colonião, fazendo com que fosse necessárias maiores doses do produto para se alcançar controle de 80,0%. A dose comercial do produto foi suficiente para promover controle satisfatório ($> 80,0\%$) com período de seca de até 60 dias. Para períodos de seca superiores, foi necessário aumento de dose (Figura 4.5a).

Com relação ao acúmulo de massa seca, foi constatado os mesmos resultados de controle, sendo que a dose comercial foi capaz de promover redução de 80,0% da massa seca da população de capim-colonião até período de seca de 45 dias, fazendo-se necessário o aumento da dose para períodos superiores de seca (Figura 4.5b).

Figura 4.5. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colonião por indaziflam + isoxaflutole, após períodos de seca (0; 15; 30; 45; 60 e 90 DAA), sem presença de palhada de cana-de-açúcar (0 t ha⁻¹).

Com relação a aplicação de indaziflam + isoxaflutole sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar, notou-se que também houve interação significativa dos fatores pelo teste F, com F igual a 3,2** para a variável controle e igual a 3,4** para a massa seca.

Observou-se que, diferentemente do que foi observado quando a aplicação ocorreu em situação sem presença de palhada, o período de seca após a aplicação influenciou de forma negativa o controle da planta daninha. A dose comercial do produto foi capaz de promover controle satisfatório (> 80,0%) apenas quando o período de seca submetido foi de até 15 dias, sendo que para períodos de seca superiores, foi necessário aumentar a dose do produto. Para um período de seca de 90 dias, a dose necessária para proporcionar 80,0% de controle foi igual a 558,6 mL p.c. ha⁻¹, ou seja, dose duas vezes mais elevada que a dose comercial, evidenciando a influência negativa da palhada de cana-de-açúcar no momento da aplicação do herbicida, quando associada com longos períodos de seca (Tabela 4.13).

Tabela 4.13. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R²) e dose letal (DL₈₀) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam + isoxaflutole, aplicado sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros			R ²	DL ₈₀
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
Controle (%)	0 DAA	99,7	47,6	-1,3	0,99	138,4
	15 DAA	102,2	58,1	-1,1	1,00	186,3
	30 DAA	103,7	104,8	-1,2	0,99	293,3
	45 DAA	102,8	132,5	-1,2	1,00	367,6
	60 DAA	102,3	158,5	-1,2	0,99	457,2
	90 DAA	100,3	240,0	-1,6	0,99	558,6

Para o acúmulo de massa seca, foram constatados os mesmos efeitos. A partir de 30 dias de seca após a aplicação de indaziflam + isoxaflutole, foi necessária uma dose superior a dose comercial para promover redução 80,0% da massa seca das plantas de capim-colonião (Tabela 4.14).

Tabela 4.14. Parâmetros do modelo logístico, coeficiente de determinação (R^2) e dose de redução de crescimento (GR_{80}) para controle de capim-colonião aos 35 DASC, para cada período de seca avaliado, por indaziflam + isoxaflutole, aplicado sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar.

Variável	Períodos de seca	Parâmetros				R^2	GR_{80}
		$P_{\min}$	a	b	c		
Massa seca (%)	0 DAA	0,2	101,3	63,7	1,3	0,98	186,9
	15 DAA	-0,5	102,9	86,7	1,4	0,98	241,5
	30 DAA	-2,0	103,5	147,5	1,5	0,98	348,8
	45 DAA	-1,3	102,4	189,1	1,5	0,99	455,1
	60 DAA	0,7	101,2	220,3	1,6	0,99	549,5
	90 DAA	0,4	98,7	357,0	2,1	0,99	692,2

Nas Figuras 4.6a e b abaixo, estão expressos resultados para as curvas de dose-resposta para controle e redução da massa seca após aplicação de indaziflam + isoxaflutole sobre palhada de cana-de-açúcar, submetida a diferentes períodos de seca.

Conforme citado anteriormente, notou-se que a dose comercial do produto foi capaz de proporcionar controle superior a 80,0% apenas quando submetido a um período de seca de até 15 dias, sendo necessário o aumento da dose para períodos superiores de seca (Figura 4.6a).

O mesmo foi observado para o acúmulo de massa seca, sendo que após períodos superiores a 30 dias após a aplicação a dose comercial do produto não foi capaz de promover controle satisfatório (> 80,0%) (Figura 4.6b).

Tais resultados evidenciam que a palhada de cana-de-açúcar presente sobre o solo no momento da aplicação dos herbicidas, juntamente com a ocorrência de períodos de seca (superiores a 30 dias), influenciam negativamente na eficácia de controle de indaziflam + isoxaflutole sobre capim-colonião, fazendo-se necessário o aumento da dose nessas condições.

Figura 4.6. Curva de dose-resposta para controle (a) e acúmulo de massa seca (b) aos 35 DASC de capim-colonião, por indaziflam + isoxaflutole, após períodos de seca (0; 15; 30; 45; 60 e 90 DAA), com presença de palha de cana-de-açúcar (10 t ha⁻¹).

Os resultados obtidos a partir da condução desses experimentos mostram que o comportamento dos herbicidas varia conforme a situação em que são utilizados, fazendo-se

necessário estudos nessa linha de pesquisa, visando o melhor posicionamento dos herbicidas, nas diferentes épocas do ano (diferentes regimes hídricos) e em situações com presença e ausência de palhada de cana-de-açúcar sobre o solo.

Além disso, o comportamento de associação de herbicidas pode ser diferente de quando aplicados de forma isolada, portanto, conhecer a dinâmica das associações dos herbicidas aplicados em pré-emergência é importante para o promover eficácia de controle e seletividade a cultura.

4.4. Conclusões

Após realização dos experimentos, pode-se concluir que o herbicida indaziflam não deve ser aplicado para controle de capim-colonião em situação de presença de 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar sobre o solo, associado com períodos de seca superior a 30 dias. O herbicida isoxaflutole é uma excelente ferramenta para controle de capim-colonião, podendo ser utilizado tanto na presença, quanto na ausência de palhada, independente do período de seca. Já a mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole também não deve ser aplicada sobre palhada de cana-de-açúcar em períodos de seca superiores a 30 dias, sendo recomendada para períodos de transição (época seca para época úmida), onde o período de seca é inferior.

Referências

- ALONSO, D.G.; KOSKINEN, W.C.; OLIVEIRA JUNIOR, 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.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 127-132, 1995.
- ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS - ALAM. **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. ALAM, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.
- 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.
- CARVALHO, S.J.P.; LOMBARDI, B.P.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 535-542, 2005.

- CAVENAGHI, A.L.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; TOLEDO, R.E.B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.
- 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, 1ª edição, 72 p. 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 513-519, 2002.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.
- FERREIRA, C.R.R.P.T., CAMARGO, M.L.B., VERGO, C.L.R. **Defensivos Agrícolas: vendas batem novo recorde em 2012 e segue em ritmo forte em 2013**. Análise e indicadores do Agronegócio. São Paulo: IEA, 8 (7): p. 1-5, 2013.
- FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; GALON, L.; FRANCA, A.C.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; ASPIAZU, I.; SILVA, A.F.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R. Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010
- GUERRA, N.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M.; PUTON, G.; GARRIDO, T.H.P. Influence of precipitation and sugarcane straw in aminocyclopyrachlor and indaziflam control efficiency. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 535-542, 2015.
- JONES JUNIOR, R.E.; BANKS, P.A.; RADCLIFFE, D.E. Alachlor and metribuzin movement and dissipation in a soil profile as influenced by soil surface condition. **Weed Science**, v. 38, n. 6, p. 589-597, 1990.
- LOCKE, M.A.; BRYSON, C.T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, v. 45, p. 307-320, 1997.
- LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F; VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, n. 1, p. 71-75, 1988.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 71-75, 1987.
- KAAPRO, J., HALL, J. Indaziflam - A new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Weed Science Research**, v. 18, p. 267-270, 2012.

- MACIEL, C.D.C.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta daninha**, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2005.
- MANCUSO, M.A.C., NEGRISOLI, E., PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“*Carryover*”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.
- MARCHIORI JUNIOR, O.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; INOUE, M.H.; PIVETTA, J.P.; CAVALIERI, S.D. Efeito residual de isoxaflutole após diferentes períodos de seca. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 491-499, 2005.
- MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS, C.E.; SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 17, n. 1, p. 151-162, 1999.
- MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.H.; FOSTER, G.R. Mulches rate required for erosion control on steep slopes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 34, p. 928-931, 1970.
- NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; TOFOLI, G.R. Deposition and leaching of tebuthiuron on sugar cane straw applied with and without alkyl polyglycoside adjuvant. **Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 40, n. 1, p. 207-214, 2005.
- PERRY, D.H.; MCELROY, J.S.; DOROH, M.C.; WALKER, R.H. Indaziflam Utilization for Controlling Problematic Turfgrass Weeds. Online. **Applied Turfgrass Science**, v. 8, n. 1, 2011.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 7ª ed. Londrina, 697p. 2018.
- RODRIGUES, B.N.; LIMA, J.; FORNAROLLI, D.A. Aplicação de trifluralin em pré-emergência sobre diferentes quantidades de cobertura morta no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 365.
- ROSSI, C.V.S.; VELINI, E.D.; LUCHINI, L.C.; NEGRISOLI, E.; CÔRREA, M.R.; PIVETTA, J.P.; COSTA, A.G.F.; SILVA, F.M.L. Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 223-230, 2013.
- SEEFELDT, S.S.; JENSEN, S.E.; FUERST, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. **Weed technology**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.
- 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. Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 144 p. 2018.

SORENSEN, B.A.; SHEA, P.J.; ROETH, F.W. Effects of tillage, application time and rate on metribuzin dissipation. **Weed Science**, v. 31, n. 6, p. 333-345, 1991.

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

TOLEDO, R.E.B.; PERIM, L.; NEGRISOLI, E.; CÔRREA, M.R.; CARBONARI, C.A.; ROSSI, C.V.S.; VELINI, E.D. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 319-326, 2009.

TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet - indaziflam. United States. 2010. Disponível em: <http://www.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC080818_26-Jul-10.pdf>. Acesso em: Out. 2015.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo para ocorrência das primeiras chuvas após a aplicação de herbicidas, a quantidade de chuva que ocorre e a presença ou ausência de palhada na superfície do solo no momento da aplicação, são fatores que influenciam diretamente na eficácia de controle.

Após realização deste trabalho, notou-se que no caso do herbicida indaziflam, aplicações sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar, associada a período de seca superior a 30 dias, interferem negativamente na eficácia de controle do produto sobre o capim-colonião, devendo-se evitar a aplicação de indaziflam nessas condições. Entretanto, quando aplicado sem a presença de palhada, ou em situações onde ocorra uma chuva de, no mínimo 20 mm, até 15 dias após a aplicação, o controle de capim-colonião foi eficaz.

Para o herbicida isoxaflutole, o comportamento no ambiente está relacionado, principalmente, a quantidade de água disponível no solo, sendo que quanto maior for a quantidade de água, menor será o seu período residual. Porém, a presença de palhada de cana-de-açúcar no solo, no momento da aplicação, pode fazer com que o herbicida fique por mais tempo no ambiente, mesmo após chuva de 40 mm.

Já a mistura comercial de indaziflam + isoxaflutole, teve sua eficácia de controle influenciada diretamente pela presença de palhada na superfície do solo no momento da aplicação, pelo período de seca após a aplicação e pela quantidade de chuva que ocorreu após esse período. Essa mistura mostrou-se uma excelente ferramenta para controle de capim-colonião em situações de transição da época seca para a época úmida, onde os períodos de seca são inferiores a 30 dias. Desta maneira, mesmo a aplicação ocorrendo sobre 10 t ha⁻¹ de palhada de cana-de-açúcar, havendo a ocorrência de chuvas até 30 dias após a aplicação, o controle foi eficaz (> 80,0%).