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

**Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de
mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11**

Leonardo Lombardi Perez

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

**Piracicaba
2017**

Leonardo Lombardi Perez
Engenheiro Agrônomo

Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11

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

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

Piracicaba
2017

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

Perez, Leonardo Lombardi

Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC11 / Leonardo Lombardi Perez - - Piracicaba, 2017.

50 p.

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

1. Fitotoxicidade 2. MPB 3. *Saccharum* spp. 4. Produtividade 5. Tolerância 6. Inibidores da Protox 7. Inibidores da biossíntese de carotenóides I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais Antonio José Perez e Sueli Maria Lombardi Perez, pelo apoio, incentivo, dedicação, esforço e amor.

A minha irmã Patricia Perez pelo carinho e companherismo e por estar sempre ao meu lado me dando forças.

A minha noiva Elen Juliana pela compreensão, carinho, amizade e acima de tudo companherismo em todos os momentos.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, saúde, força e por ter me abençoado, ajudando a superar mais uma etapa da vida.

Aos meus pais Antonio José Perez e Sueli Maria Lombardi Perez e a minha irmã Patricia Perez, pelo apoio, pela compreensão e carinho.

À Elen Juliana Bonassa de Sousa, pelo amor, pela compreensão, pela paciência e pelo apoio constante.

Ao Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho pela oportunidade, aprendizagem, paciência e orientação.

Ao Sr. Roberto Estêvão Bragion de Toledo, pela amizade, atenção e pelas sugestões sempre oportunas.

Ao Gustavo Soares da Silva pela ajuda durante todas as etapas do trabalho, ensinando e orientando.

Aos graduandos e pós graduandos do PRO HORT, pelo inestimável apoio prestados durante todo desenvolvimento do trabalho em especial ao Sr. Fernando Sales pelos dias de trabalho árduo e companherismo durante as avaliações.

À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ-USP, pela oportunidade de realização do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ – USP.

A empresa FMC pela oportunidade e apoio na realização do curso de Mestrado, e pela orientação do Sr. Giuliano Pauli no desenvolvimento deste trabalho.

Ao grupo São Martinho por disponibilizar a área para o ensaio de campo, e aos funcionários da Usina São Martinho que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

EPÍGRAFE

“A humildade é o primeiro degrau para a sabedoria”

São Tomás de Aquino

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	11
2. SELETIVIDADE DE SULFENTRAZONE APLICADO EM PRÉ-PLANTIO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR CTC11	15
RESUMO	15
ABSTRACT	15
2.1. INTRODUÇÃO	16
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.2.1. APLICAÇÃO DO HERBICIDA E PLANTIO DAS MUDAS PRÉ-BROTADAS	18
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
2.4. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	31
3. SELETIVIDADE DE CLOMAZONE QUANDO APLICADO EM PRÉ-PLANTIO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR CTC11	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
3.1. INTRODUÇÃO	36
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.2.1. APLICAÇÃO DOS HERBICIDAS E PLANTIO DAS MUDAS PRÉ-BROTADAS..	38
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.4. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	48

RESUMO

Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC11

O manejo químico de plantas daninhas no sistema de plantio por mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, fundamenta a hipótese de que a cultura esteja mais suscetível à intoxicação pelos herbicidas nas aplicações em pré-plantio, devido as raízes das mudas serem transplantadas em contato direto com a solução do solo tratada com os herbicidas aplicados em pré-emergência. Portanto a pesquisa foi desenvolvida com dois objetivos: (1) avaliar a seletividade do herbicida sulfentrazone quando aplicado em área de plantio de cana-de-açúcar no sistema com mudas pré-brotadas com aplicação no pré-plantio utilizando cinco doses (200, 400, 800, 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹); (2) avaliar a seletividade de doses crescentes de clomazone (270, 540, 1080, 2160, e 4320 g i.a. ha⁻¹), quando aplicado em pré-plantio em mudas pré-brotadas (MPB). Os experimentos foram desenvolvidos na Usina São Martinho, próximo ao município de Motuca (SP), sob condições naturais de clima, no período de outubro de 2015 a setembro de 2016. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os herbicidas foram aplicados no dia anterior ao plantio das mudas pré-brotadas, onde foi utilizada a variedade CTC 11, que foram transplantadas nas parcelas, constituídas por 6 linhas de 10 m, espaçadas de 1,5 m. Foram feitas avaliações visuais com 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), também utilizando-se uma escala visual com notas entre 0 e 100%. Nas avaliações quantitativas avaliou-se os parâmetros altura de plantas (cm), aos 30, 60, 90 e 120 DAA e perfilhamento das mudas aos 60, 90 e 120 DAA. Em todos os períodos avaliados foi utilizado o medidor de clorofila, marca SPAD. Aos 330 DAA, foi realizada a produtividade (t ha⁻¹) integral das parcelas através do corte manual e posterior pesagem com auxílio de uma célula de carga, e foram coletados feixes com dez canas para realização dos parâmetros qualitativos (Brix, Pol, Pureza e ATR). Em ambos trabalhos, os dados de fitointoxicação e produtividade foram previamente transformados na regressão log logística, respeitando o princípio da normalidade dos dados, identificando a dose seletiva para a cultura. Concluiu-se que os herbicidas sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), e clomazone (1080 g i.a. ha⁻¹), que são doses comercialmente utilizadas no plantio convencional através de rebolos de cana-de-açúcar, apresentaram sintomas leves de fitointoxicação nas primeiras avaliações, mas com o crescimento e desenvolvimento das mudas, não apresentaram diferença de altura, perfilhamento e índice SPAD, como também na produtividade e características tecnológicas dos colmos não apresentando diferenças significativas. Portanto os herbicidas sulfentrazone e clomazone foram seletivos às mudas de cana-de-açúcar no sistema MPB quando aplicados em pré-plantio para a CTC 11.

Palavras-chave: Fitotoxicidade; MPB; *Saccharum* spp.; Produtividade; Tolerância; Inibidores da Protox; Inibidores da biossíntese de carotenóides

ABSTRACT

Selectivity of sulfentrazone and clomazone when applied in the pre-planting stage for pre-sprouted seedlings of CTC11 sugarcane

The chemical management of plant pests in the planting system with pre-sprouted sugarcane seedlings substantiates the hypothesis that the crop is more susceptible to toxicity by herbicides in pre-planting applications, due to the roots of the seedlings being transferred in direct contact with the soil solution treated with the herbicides applied in the pre-emergence stage. Therefore, this work was prepared with two goals: (1) to assess the selectivity of the herbicide sulfentrazone when applied to a sugarcane planting area in the pre-sprouted seedlings system with application in the pre-planting stage using five rates (200, 400, 800, 1600 and 3200 g a.i. ha⁻¹); (2) to assess the selectivity of growing rates of clomazone (270, 540, 1080, 2160 and 4320 g a.i. ha⁻¹), when applied in the pre-planting stage for pre-sprouted seedlings. The experiments were developed in São Martinho sugar mills, next to the town of Motuca (SP), under natural weather conditions, in the period from October 2015 to September 2016. The experimental design was done in blocks at random, with four repetitions. The herbicides were applied on the day prior to the planting of the pre-sprouted seedlings, where the CTC 11 strain was used, which seedlings were transferred into parcels comprised of 6 lines of 10 m, spaced by 1.5 m. Visual assessments were made 15, 30, 60, 90 and 120 days after the treatment application (DAA), a visual grading scale between 0 and 100% was also used. In the quantitative assessments, the parameters for height of the plants (cm), at 30, 60, 90 and 120 DAA, and tillering at 60, 90 and 120 DAA, were evaluated. In all assessed periods, a direct reading was performed using the chlorophyll meter, SPAD brand. At 330 DAA, the entire productivity (t ha⁻¹) of the parcels was assessed through the manual cut and later weighing with the aid of a load cell, and strips with ten sugarcanes were collected for the performance of qualitative parameters (Brix, Pol, Purity and ATR). In both works, the phytotoxicity and productivity data were previously converted by the log-logistic regression, observing the principle of data normalization, identifying the selective rates for the crop. It was found that herbicides sulfentrazone (800 g a.i. ha⁻¹), and clomazone (1080 g a.i. ha⁻¹), which are rates commercially used in the conventional planting through sugarcane billets, presented slight symptoms of phytotoxicity in the first assessments, but with the growth and development of the seedlings, they did not show a difference in height, tillering, SPAD index, and in the yield; and the technological characteristics of the stalks did not present significant differences. Therefore, the herbicides sulfentrazone and clomazone were selective to the sugarcane seedlings in the pre-sprouted seedlings (MPB) system when applied in the pre-planting stage for CTC 11.

Keywords: Phytotoxicity; MPB; *Saccharum* spp.; Productivity; Tolerance; Prototox inhibitors; Inhibitors of carotenoid biosynthesis

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas mais importantes do agronegócio brasileiro. A área colhida foi de aproximadamente 8,7 milhões de hectares na safra 2016/17, tendo a terceira maior área cultivada no país, atrás apenas da soja e do milho, produzindo um montante de 657,2 milhões de toneladas. O Brasil é considerado o maior produtor mundial de açúcar e de etanol de cana-de-açúcar, e destaca-se também como o maior exportador, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional (Conab, 2017).

Devido às baixas produtividades observadas nos canaviais nos últimos anos, novas tecnologias de manejo foram desenvolvidas objetivando lucratividade para o setor. O sistema de produção que mais tem evoluído é no plantio da cana-de-açúcar, substituindo o uso de rebolos por fragmentos de colmos por mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB).

O sistema de mudas pré-brotadas foi desenvolvido inicialmente com o objetivo de reduzir a quantidade de mudas necessária para a multiplicação de novas cultivares, promovendo ganhos produtivos. Além da redução de mudas este sistema favorece um maior controle na qualidade fitossanitária, resultando em canaviais com excelente padrão clonal, e portanto com maior homogeneidade (Landell, 2012).

Essa nova tecnologia tem apresentado boa aceitabilidade em algumas usinas e fornecedores, além de proporcionar diversas vantagens, como a diminuição da difusão de pragas e doenças, pois estas influenciam negativamente a produtividade, diminuindo a rentabilidade para o produtor, pois aumentam os custos de produção (Xavier et al. 2014).

Portanto ainda há algumas desvantagens no uso dessa nova tecnologia, pois as mudas pré-brotadas necessitam de umidade nos primeiros dias após transplantadas, pois são mais sensíveis às deficiências hídricas por possuírem menores reservas nos toletes comparadas ao plantio convencional por rebolos. Assim é necessário o manejo de irrigação para garantir o “pegamento” das mudas nos períodos de escassez hídrica, principalmente nos primeiros dias após o plantio (Elia, 2016). Além disso, a carência de informações do manejo de plantas daninhas no sistema de mudas pré-brotadas, tem contribuído para aumentar as dúvidas para a adoção dessa nova tecnologia.

A interferência dessas plantas daninhas no canavial varia de acordo com o período de ocorrência no ciclo da cultura. Pitelli e Durigan (1984) estudaram esses períodos e os dividiram em: período total de prevenção à interferência (PTPI), período anterior à interferência (PAI) e período crítico de prevenção à interferência (PCPI). Segundo os autores esses trabalhos foram realizados no sistema convencional, sendo necessário determinar esses períodos para o controle

de plantas daninhas nas mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, pois os períodos de interferência devem ser diferentes quando comparados com o plantio convencional.

A utilização de herbicidas residuais aplicados em cana-de-açúcar possui grande aceitação na cultura, pois a lavoura deve ser mantida livre de infestação de plantas daninhas por longos períodos, uma vez que, o ciclo da cultura pode chegar até 18 meses. Dessa forma, o uso de herbicidas com ação residual prolongada que atendam às necessidades da cultura apresentam vantagens principalmente nos períodos em que esta não consegue responder de forma satisfatória a competição (Velini e Negrisolí, 2000).

A aplicação dos herbicidas no plantio com mudas pré-brotadas pode ser realizado no pré-plantio (incorporado ou sem incorporação), por prevenir ou retardar o surgimento de plantas daninhas no período de maior interferência ou na pós-emergência da cultura, ou seja, após o plantio. Considerando a aplicação em pré-plantio das mudas pré-brotadas, alguns herbicidas podem apresentar fitotoxicidade para a cultura, devido às raízes das mudas serem transplantadas na zona tratada com os herbicidas, diferentemente dos plantios convencionais em que as raízes se localizam abaixo da zona tratada (Dias, 2014). A aplicação em pré-emergência pode ainda ser complementada, a depender do grau de infestação dessas plantas, com aplicações em pós-emergência, em área total ou em aplicações dirigidas nas entrelinhas, portanto é importante que os herbicidas não provoquem fitotoxicidade à cultura, prejudicando a produtividade (Silva et al, 2007).

A seletividade de um herbicida a uma cultura é definida pela capacidade de algumas moléculas em eliminar as plantas daninhas que se encontrem presentes na cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e qualidade do produto final obtido (Souza et al., 2009). De acordo com Torres (2012) a seletividade de herbicidas depende da interação de vários fatores, como, as características físico-químicas dos herbicidas, da dose utilizada, do estágio de desenvolvimento da cultura, da susceptibilidade das variedades e das condições edafoclimáticas no momento da aplicação.

Para o sucesso do controle químico, Victoria Filho e Christoffoleti (2004), citam que é necessário o conhecimento profundo da fisiologia dos herbicidas na planta, dos fatores envolvidos na seletividade e do comportamento dos herbicidas no solo (no caso do uso de herbicidas em condições de pré-emergência).

Os principais grupos de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar, divididos por mecanismo de ação são: inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), inibidores de pigmentos, inibidores da acetolactato sintetase (ALS) e inibidores do fotossistema II (FSII) (Procópio et al., 2003).

Entre as principais moléculas pertencentes aos inibidores de PROTOX, o sulfentrazone é o herbicida mais utilizado em áreas de plantio convencional de cana-de-açúcar, e é recomendado especificamente para o controle em pré-emergência de dicotiledôneas e monocotiledôneas e destaca-se no manejo de *Cyperus rotundus* (Rodrigues e Almeida, 2011). Atualmente nas áreas de plantio de mudas pré-brotadas, uma das principais plantas daninhas que dificulta a implantação desse novo sistema é a “tiririca” *Cyperus rotundus*, e poucos são os herbicidas disponíveis no mercado que apresentam eficácia no controle desta planta.

Em relação aos herbicidas que apresentam mecanismo de ação dos inibidores da síntese de carotenóides, destaca-se o ingrediente ativo clomazone, que é recomendado para controlar com maior eficácia as monocotiledôneas como *Brachiaria plantaginea*, inclusive algumas consideradas de difícil controle como o *Panicum maximum*. (Rodrigues e Almeida, 2011).

Contudo, tem-se notado no campo que herbicidas utilizados tradicionalmente no plantio convencional, quando aplicados no controle de plantas daninhas no sistema de plantio por mudas pré-brotadas, intoxicam as mudas quando aplicados antes ou após o transplântio (Rocha Neto et al., 2015).

Tendo em vista essas observações, associada à carência de informações do comportamento dos herbicidas no sistema de mudas pré-brotadas, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito do sulfentrazone e do clomazone aplicados em diferentes doses em pré-plantio no sistema de mudas pré-brotadas sobre a seletividade e as variáveis tecnológicas da cana-de-açúcar na variedade CTC 11.

Referências

- CONAB **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar – Primeiro Levantamento da safra 2017/18. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>>. Acesso em: mai. 2017.
- DIAS, JOSÉ LUIZ CARVALHO DE SOUZA. **Seletividade de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2014.

- ELIA, P. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação**. Piracicaba, 2016. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. dos; DINARDO-MIRANDO, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N. da; MENDONÇA, J. R. de; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F. de; BRANCALIÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: IAC, 2012. (Documentos, 109). Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/Doc%20109_online.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1984. p. 37.
- PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana de açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. L. S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2011. 697 p.
- ROCHA NETO, A. R. da; AZANIA, C. A. M.; BORGES, I. S.; VITORINO, R.; MARCHINE, N. M.; AZANIA, A. P. M. Tolerância de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pré plantio. **IX Workshop Agroenergia**. 2015 Ribeirão Preto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2015_082.pdf> Acesso em: set. 2016.

- SILVA, J. F.; SILVA, J. F.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A. Herbicidas: Absorção, translocação, metabolismo, formulações e misturas. In: **Tópicos de manejo de plantas daninhas**. SILVA, a. a.; SILVA, F. J. (Ed). Editor UFV, 2007. p.217-233.
- SOUZA, J. R. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v.68, p.941-951, 2009.
- TORRES, L. G.; FERREIRA, E. A., ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T., GONÇALVES, V. A.; GALON, L.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A. Alterações nas características fisiológicas de Cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.
- VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.
- VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOTELI, P.J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**. Piracicaba, v.1, n.1, p. 32-37, 2004.
- XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; MENDONÇA, J. R. de; DINARDO-MIRANDO, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. dos; AZANIA, C. A. M; BRANCALIÃO, S. R.; KANTHACK, R. A. D.; AFERRI, G.; SILVA, D. N. da; BIDÓIA, M. A. P.; CAMPOS, M. F. de; PERRUCO, D.; MATSUO, R. S.; NEVES, J. C. T.; CASSANELI JUNIOR, J. R.; PERRUCO, L.; PETRI, R. H.; SILVA, T. N.; SILVA, V. H. P. da; THOMAZINHO JUNIOR, J. R.; MIGUEL, P. E. M.; LORENZATO, C. M. **Fatores de Desuniformidade e Kit de Pré-Brotação IAC para Sistema de Multiplicação de Cana-de-Açúcar – Mudas Pré-Brotadas (MPB)**. Campinas: IAC, 2014 (Documentos IAC, 113).

2. SELETIVIDADE DE SULFENTRAZONE APLICADO EM PRÉ-PLANTIO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR CTC11

RESUMO

Diferente do plantio tradicional realizado através de rebolos de cana-de-açúcar, o plantio por mudas pré-brotadas utiliza menores quantidades de matéria prima, e outras alterações são realizados para o manejo deste tipo de plantio, sendo uma delas a aplicação de herbicidas, podendo ser realizada antes do plantio. Este trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade de mudas pré-brotadas de cana de açúcar a diferentes doses de sulfentrazone, aplicado no pré-plantio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, utilizando cinco doses de sulfentrazone (200, 400, 800, 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹) mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas, com quatro repetições, na variedade CTC11. Durante o experimento foram realizadas capinas manuais, para que não houvesse competição das plantas daninhas em todas as parcelas. Avaliaram-se os sintomas visuais de fitointoxicação, nas três linhas centrais de cada parcela e o teor de clorofila total através do índice SPAD aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após aplicação (DAA), a altura aos 30, 60, 90 e 120 DAA, e o número de perfilhos aos 60, 90 e 120 DAA. Aos 330 DAA, foi realizada a produtividade (t ha⁻¹) e os demais parâmetros qualitativos. Constatou-se que a variedade CTC 11 nas doses de sulfentrazone 200, 400 e 800 g i.a. ha⁻¹ apresentou fitointoxicação, porém com posterior recuperação, sem que houvesse comprometimento da produtividade e das características tecnológicas.

Palavras-chave: Produtividade; *Saccharum* spp.; Fitotoxicidade; Inibidores da Protox

ABSTRACT

Unlike the conventional planting through sugarcane billets, the planting with pre-sprouted seedlings uses smaller quantities of raw material, and other alterations are performed for the management of this type of planting, one of them being the application of herbicides, which can be performed before the planting. This work has the objective of assessing the selectivity of pre-sprouted sugarcane seedlings at different doses of sulfentrazone, applied during the pre-planting stage. The experimental design was done in blocks at random, using five rates of sulfentrazone (200; 400; 800; 1600 and 3200 g a.i. ha⁻¹) plus a untreated without the application of herbicides, with four repetitions, in the CTC11 strain. During the experiment, manual weeding was performed, so that there would be no competition with plant pests in all parcels. The visual injury symptoms were assessed for the foliage, in the three central lines of each parcel the total chlorophyll content was assessed through the SPAD index at 15, 30, 60, 90 and 120 days after the application and the height and number of tillers at 60, 90 and 120 DAA. At 330 DAA, the yield (t ha⁻¹) and other qualitative parameters were assessed. It was found that the CTC11 cultivar in the 200; 400; 800 g a.i. ha⁻¹ sulfentrazone rates presented chlorotic spots in the foliage, however it recuperated subsequently, without compromise to the yield and technological characteristics.

Keywords: Productivity; *Saccharum* spp.; Phytotoxicity; Protox

2.1. Introdução

A aplicação de herbicidas em condições de pré e pós-emergência, tanto das plantas daninhas quanto da cultura, é realizada de forma rotineira em áreas de cana-de-açúcar. Os herbicidas recomendados para a cultura não são prejudiciais, se seguidas às recomendações de aplicação. Entretanto, a tolerância das variedades a um determinado ingrediente ativo pode ser alterada pela dose aplicada, e também através de novos sistemas de plantio implantados, por exemplo, o uso de mudas pré-brotadas (MPB) nas regiões canavieiras.

A seletividade no sistema de plantio convencional onde a cana-de-açúcar é plantada por rebolos, é toponômica, uma vez que o herbicida é aplicado no solo em torno de 20 cm acima dos rebolos plantados (Dias, 2014). Por outro lado, no sistema por mudas pré-brotadas o herbicida é aplicado na superfície do solo, podendo ser absorvido de forma direta pelas raízes da cana-de-açúcar, acarretando diferentes respostas de sensibilidade aos produtos, resultando em fitointoxicação.

Em cana-de-açúcar, há diversas pesquisas avaliando a seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura, no sistema convencional de plantio por rebolos. Barela (2005) concluiu que o herbicida sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), quando aplicado em pré-emergência da cultura foi seletivo, pois apresentou alguns sintomas iniciais de fitointoxicação, mas não resultou em perdas significativas ao final do experimento. Tem-se observado no campo o aumento da fitointoxicação em mudas pré-brotadas quando os herbicidas são aplicados em pré-plantio incorporado e realizado na sequência o transplantio das mudas (Rocha Neto et al., 2015).

O sulfentrazone, [N-[2,4-dichloro-5-[4-(difluorometil)-4,5-dihidro-3-metil-5-oxo-1 H-1,2,4 triazol-1-il] fenil] metanosulfonamida], é um herbicida do grupo químico dos ariltriazolinonas, registrado para o controle de plantas daninhas na cultura de eucalipto, cana-de-açúcar, café, citros e soja. Sua atividade foi demonstrada quando aplicado na pré-semeadura ou pré-emergência, controlando numerosas espécies dicotiledôneas e certas monocotiledôneas (Rodrigues e Almeida, 2011). A degradação microbiana é considerada o principal processo de dissipação no solo e sua meia-vida é de 110 a 280 dias, dependendo das condições climáticas e do solo (FMC corp., 1999). A sorção e mobilidade do sulfentrazone são dependentes do tipo de solo, do pH, do manejo do solo (Reddy e Locke, 1998) e da umidade do solo. A sorção decresce e a mobilidade aumenta quando o pH está acima do pKa 6,56 (Grey et al., 1997).

O melhor entendimento da eficácia agrônômica e seletividade dos herbicidas no sistema de mudas pré-brotadas, pode ser útil para aperfeiçoar o uso desse sistema de plantio na agricultura. Sendo assim, objetivou-se avaliar a seletividade do sulfentrazone no sistema de pré-plantio com mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar.

2.2. Material e Métodos

O experimento foi instalado em área de produção comercial de produção de cana-de-açúcar no período de outubro de 2015 a setembro de 2016, na Usina São Martinho, localizada no município de Motuca, Estado de São Paulo, situado na latitude 21°30'18,99" S, longitude 48°10'28,50" W, e altitude de 627 m. Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cwa, ou seja, clima mesotérmico, úmido tropical com inverno seco (Cepagri, 2016).

O preparo da área foi realizado segundo os procedimentos da usina, que constaram da eliminação mecânica da soqueira anterior, correção da acidez do solo, subsolagem e adubação. Na sequência foi realizada a sulcação da área experimental. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), sendo retirada uma amostra composta de solo (0-20 cm) que foi submetido à análise física e química (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Análise física do solo utilizado no experimento, Motuca/SP, 2015

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)		
		Total	Areia Grossa	Areia Fina
26,6	6,6	66,8	48,5	18,3

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental, Motuca/SP, 2015

M.O g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P _{resina} Mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	CTC	V%	M%	S Mg dm ⁻³
29	5,7	50	4,36	41,19	17,23	0,46	62,78	78,78	79,69	0,73	5

Fonte: Laboratórios Dinardo Miranda Análises Agrícolas – DMLab

Os dados climáticos de interesse foram coletados durante todo o período experimental em uma estação meteorológica, localizada a 3,5 km da área experimental (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) mensal da área experimental durante as avaliações. Motuca-SP, 2016

2.2.1. Aplicação do herbicida e plantio das mudas pré-brotadas

A instalação do experimento iniciou-se no dia 15 de outubro de 2015, com a aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas daninhas e pré-plantio das mudas pré-brotadas. Nesse dia a temperatura média, a umidade relativa do ar (UR) média e a velocidade média do vento eram 23,5 °C, 65% e 4,7 km h⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses de sulfentrazone, além de uma testemunha capinada (Tabela 3). O sulfentrazone utilizado neste trabalho foi fornecido gentilmente pela FMC do Brasil. Na tabela 4 estão apresentadas suas características físico-químicas.

Tabela 3. Ingrediente ativo, marca comercial, mecanismo de ação e doses do sulfentrazone. Motuca-SP, 2015

	Ingrediente ativo (i.a.)	Nome comercial	Mecanismo de ação	Dose (L p.c. ha ⁻¹)	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
T1	Testemunha	-		-	-
T2	Sulfentrazone	Boral 500 SC ¹	Inibidor da Protox (PPO)	0,4	200
T3	Sulfentrazone	Boral 500 SC ¹		0,8	400
T4	Sulfentrazone	Boral 500 SC ¹		1,6	800
T5	Sulfentrazone	Boral 500 SC ¹		3,2	1600
T6	Sulfentrazone	Boral 500 SC ¹		6,4	3200

¹SC - Suspensão concentrada

Tabela 4. Características físico-químicas da molécula sulfentrazone utilizada no experimento. Motuca-SP, 2015

Peso molecular	Solubilidade ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Pressão de Vapor (mm Hg a 25 °C)	pKa	Densidade (g cm^{-3} a 20 °C)
387,2	490	$1,0 \times 10^{-9}$	6,56	1,66
Grupo químico	Ponto de fusão	Kow	pH produto técnico	
Ariltriazolinonas	120-122 °C	9,8 (pH 7,0)	4,78	

Fonte: Grey et al. (1997), FMC Corp. (1999)

Para a aplicação do herbicida utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , equipado com seis pontas de jato plano Teejet AI 110.02, espaçados entre si de 50 cm, a uma pressão constante de 200 kPa, proporcionando um volume de calda de 200 L ha^{-1} . As plantas daninhas foram controladas com capina manual em todas as parcelas, para que não houvesse competição com a cultura da cana-de-açúcar, para não influenciar nas avaliações.

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 10 metros de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si, totalizando 90 m^2 . O plantio das mudas pré-brotadas, adquiridas no viveiro da usina, foi realizado no dia 16 de outubro 2015, um dia após a aplicação dos herbicidas nas parcelas. No dia do plantio as mudas encontravam-se com aproximadamente 15 cm de altura e de 2 a 5 folhas, e foram transplantadas na área, com utilização de matracas, espaçadas 0,6 m entre plantas na linha. Foi utilizada a cultivar CTC 11, pois, esta cultivar raramente floresce na região centro-sul e destaca-se para o plantio de ano, tem porte ereto e boa colheabilidade e recomenda-se a colheita para o final de safra (julho a novembro), em ambiente de médio a alto potencial de produção (CTC, 2017).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6. Os dados de fitointoxicação foram previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados.

As variáveis analisadas foram: fitotoxicidade atribuindo-se uma escala de nota visual onde 0% representou ausência de injúria à cultura e 100% para a morte das plantas de cana-de-açúcar (SBCPD, 1995), altura de 5 plantas, medindo-se o comprimento do perfilho principal da superfície do solo até o ápice da inserção das folhas, número de perfilhos de 5 plantas provenientes das mudas pré-brotadas. Por fim, foi estimado o índice SPAD, utilizando o aparelho SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, USA) sendo obtida a média de cinco plantas com três leituras em cada planta considerando o terço médio das folhas +1, +2 e +3. As avaliações de fitotoxicidade e índice SPAD foram realizadas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA). E as avaliações de altura aos 30, 60, 90 e 120 DAA e perfilhamento aos 60, 90 e 120 DAA.

Ao término do período experimental, por ocasião da colheita, aos 330 DAA, foi realizada a colheita de todas as canas da área útil, desbastando as folhas verdes das pontas, e calculou-se por meio da transformação do peso total das parcelas em toneladas por hectare.

Para a determinação das características tecnológicas, utilizaram-se 10 colmos, tomados ao acaso em cada parcela experimental por ocasião da colheita. As amostras foram encaminhadas para o laboratório da usina para determinação dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar através do método do Consecana-SP (2016): Brix (°Brix), Pol (%), Pureza (%) e ATR (kg t⁻¹) descritas abaixo:

Brix % Caldo – porcentagem de sólidos solúveis contidos no caldo extraído da cana. Para a determinação do Brix % caldo, é utilizado um refratômetro digital, de leitura automática, com correção de temperatura e resolução máxima de 0,1° Brix (um décimo de grau Brix), devendo o valor final ser expresso a 20°C (vinte graus Celsius).

Pol % Cana – porcentagem aparente da sacarose contida no caldo de cana. A POL% caldo representa a porcentagem de sacarose, contida numa solução de açúcares, enquanto que a POL% cana é a porcentagem de sacarose existente na cana, caldo + fibra (Tasso Júnior, 2007).

Pureza % Cana – pureza aparente. A pureza é definida como a porcentagem de POL no Brix, que é o indicador da quantidade de açúcares em relação aos sólidos solúveis do caldo. O cálculo da Pureza % cana é definido como a porcentagem de POL em relação ao Brix % caldo.

Açúcar Total Recuperável (ATR)

Para a indústria sucroenergética, é importante estimar a quantidade de sacarose na matéria prima, que é passível de ser recuperada na forma de açúcar.

O ATR representa todos os açúcares na forma de açúcares invertidos, podendo ser obtidos por análise após a inversão ácida de sacarose, calculada pela soma dos açúcares para matérias primas de alta pureza (Dinardo-Miranda et al., 2008).

As análises tecnológicas foram realizadas, de acordo com o Manual de Instruções do Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (Consecana, 2016).

Na implantação do experimento ocorreram algumas etapas que incluem do momento da aplicação dos herbicidas até o plantio das mudas pré-brotadas (Figura 2).

Figura 2. (a) aplicação dos herbicidas nas parcelas; (b) mudas pré-brotadas prontas para o transplântio; (c) plantio das mudas pré- brotadas com matraca; (d) área do experimento após a conclusão do plantio. Motuca-SP, 2015

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias dos tratamentos, caso significativo, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6. Os dados de fitointoxicação foram previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados.

2.3. Resultados e discussão

Aos 15 dias após a aplicação todas as doses apresentaram sintomas visuais de fitointoxicação, característicos do mecanismo de ação de inibidores da Protox, ou seja, arrochamento nas folhas das mudas pré-brotadas. De maneira geral a intensidade dos sintomas de fitointoxicação foram em ordem decrescente da maior dose de sulfentrazone ($3200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) para a menor dose ($200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) (Tabela 5).

Tabela 5. Fitointoxicação das plantas de cana-de-açúcar em diferentes períodos de avaliação de acordo com a dose de sulfentrazone. Motuca-SP, 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Fitotoxicidade (%)				
	15 DAA ¹	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	0,0 eA ²	0,0 eA	0,0 dA	0,0 dA	0,0 cA
200	8,7 dA	6,3 deAB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 cB
400	20,0 cA	10,0 dB	7,5 dB	11,3 dB	5,0 cB
800	21,3 cA	20,0 cA	16,3 cAB	11,3 cBC	5,5 cC
1600	60,0 bA	45,0 bB	45,0 bB	40,0 bB	27,5 bC
3200	70,0 aA	75,0 aA	75,0 aA	70,0 aA	57,5 aB
F _(dose) =857,59**		F _(avaliação) =37,42**		F _(dose x avaliação) =5,41**	
DMS ³ _(dose) =8,59			DMS _(avaliação) =8,22		
CV(%) ⁴ =17,66					

¹DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação.

Em relação à dose recomendada de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), o período com sintomas mais acentuados foi dos 15 DAA até aos 30 DAA. A partir de 60 DAA os sintomas de fitointoxicação foram sendo atenuados. Segundo Dias (2014) na mesma condição em pré-plantio das mudas pré-brotadas observou-se sintomas de fitointoxicação com a aplicação de sulfentrazone a 800 g i.a. ha⁻¹, o que corrobora com os resultados deste estudo.

Em todas as épocas avaliadas, nas doses de 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹ as plantas de cana-de-açúcar apresentaram elevada fitotoxicidade. Sendo que a dose de 3200 g i.a. ha⁻¹, apresentou valores de 75% considerando uma fitotoxicidade muito severa, o que pode comprometer o desenvolvimento inicial das plantas, o fechamento da entrelinha e a produtividade da cultura.

Todas as doses causaram fitotoxidez aos 15 DAA, contudo a fitotoxicidade foi sendo atenuada até os 120 DAA. No entanto, as doses de 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹ foram mais severas, sendo que quando aplicado 3200 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone a fitointoxicação foi muito alta observada na primeira avaliação aos 15 DAA até a última aos 120 DAA.

De modo complementar, os dados de fitointoxicação foram previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados, nos diferentes períodos de avaliação e doses de sulfentrazone (Figura 3).

Figura 3. Avaliações de fitotoxicidade de cana-de-açúcar em modelo de regressão Log-logístico para a variedade CTC 11 em função das épocas de avaliação e doses de sulfentrazone aplicado: (a) 15 DAA; (b) 30 DAA; (c) 60 DAA; (d) 90 DAA e (e) 120 DAA. Motuca-SP, 2015 a 2016

Observa-se que para a variedade CTC 11, considerando as avaliações de 15 até 120 DAA, que as doses de sulfentrazone até 800 g i.a ha⁻¹ apresentaram limite aceitável, ou seja, abaixo de 30%, com exceção das doses de 1600 a 3200 g i.a ha⁻¹ (Tabela 5), que de acordo com (SBCPD, 1995), tiveram uma fitotoxicidade severa.

Em estudo em vasos com objetivo de avaliar a seletividade de diferentes herbicidas em MPB de cana-de-açúcar em solo de textura argilosa e arenosa, Rocha Neto et al. (2015) observaram que em aplicações em pré-plantio incorporado de sulfentrazone (400 e 800 g i.a. ha⁻¹) onde realizou o plantio das mudas pré-brotadas dois dias após a aplicação, constatou na variedade IACSP95-5000 leves sintomas de fitointoxicação (10%).

Dias (2014) estudou o efeito de diferentes herbicidas em três variedades CTC 7, CTC 14 e RB966928 de MPB em vasos, sendo que o sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) apresentou diferentes índices de fitotoxicidade aos 28 DAA para as variedades CTC 7 (26,5%), CTC 14 (30,0%) e para a RB966928 (20%). Estes resultados estão de acordo com o presente estudo, uma vez que foram observados sintomas semelhantes de fitointoxicação do sulfentrazone na variedade CTC 11 no mesmo período, podendo o mesmo herbicida apresentar diferentes respostas de acordo com cada cultivar.

Segundo Azânia et al. (2016) trabalhando com a variedade IACSP95-5000 em campo, a aplicação de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em pré-plantio dois dias antes do plantio das mudas pré-brotadas, não foi prejudicial para o desenvolvimento inicial das plantas, sendo que aos 50 dias após o plantio foram observados sintomas baixos de fitointoxicação (0,25%). Essas informações diferem do presente estudo, onde aos 60 DAA foi observado fitotoxicidade de 16,25%, podendo ser uma resposta diferencial da variedade, pois foi utilizada a CTC 11 e também o período de transplante foi de apenas um dia após a aplicação.

Em trabalho com sulfentrazone associado a clomazone (600 e 1080 g i.a. ha⁻¹ respectivamente) em pré-plantio de mudas pré-brotadas, Garcia et al. (2016) obtiveram valores de fitointoxicação semelhante aos encontrados nas primeiras avaliações aos 15 DAA dos herbicidas. Os autores deram nota 18,75% de intoxicação visual, semelhantes aos valores encontrados aos 15 DAA neste trabalho com o tratamento com sulfentrazone.

Nas Figuras 4 e 5 podem-se observar os principais sintomas de intoxicação apresentados pela CTC 11 descritos aos 30 e 60 DAA.

Figura 4. Fitointoxicação das mudas de MPB aos 30 dias após o plantio. Motuca-SP, 2015

Figura 5. Fitointoxicação das mudas de MPB aos 90 dias após o plantio. Motuca-SP, 2016

A altura dos perfilhos principais nas diferentes doses de sulfentrazone diferiram estatisticamente a partir de 60 DAA nas doses de 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹ comparadas aos demais tratamentos e a testemunha (Tabela 6).

O modo de ação do sulfentrazone é a inibição da Protox, enzima que converte protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX. Em seguida difunde-se para fora do complexo

multienzimático localizado no plastídeo. Com a oxidação do protoporfirinogênio IX, forma-se a protoporfirina IX no citosol. Esta interage com oxigênio e luz formando oxigênio “singlet”. Esse radical livre, altamente reativo, provoca a peroxidação dos lipídeos das membranas, levando à célula a morte. (Rodrigues; Almeida, 2011). Portanto, em altas concentrações afetaria a altura das plantas, o que foi constatado neste estudo, já que as médias diferiram significativamente entre os períodos avaliados.

Tabela 6. Altura (cm), das mudas pré-brotadas, na variedade CTC 11, submetidas a diferentes doses de sulfentrazone em distintas épocas de avaliação. Motuca-SP, 2016

DOSE	Altura (cm)			
(g i.a. ha ⁻¹)	30 DAA ¹	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	7,1 aD ²	31,3 aC	79,2 aB	144,9 aA
200	6,7 aD	29,1 aC	79,1 aB	147,0 aA
400	5,7 aD	29,6 aC	78,5 aB	142,2 aA
800	7,7 aD	31,2 aC	74,8 aB	140,1 aA
1600	4,5 aD	20,2 bC	61,2 bB	125,6 bA
3200	3,0 aD	12,5 bC	35,3 cB	85,00 cA
F _(dose) =177,21	F _(avaliação) =5187,51**		F _(dose x avaliação) =28,33**	
DMS ³ _(dose) =7,79		DMS _(avaliação) =7,01		
CV (%) ⁴ =6,54				

¹DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação

As doses inferiores a 800 g i.a. ha⁻¹ não apresentaram diferença significativa comparativamente a altura da testemunha. Segundo Dias (2014), o sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) não apresentou diferença significativa em relação à altura da testemunha, o que corrobora com os dados deste estudo.

Em estudo com a seletividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no sistema MPB a diferentes herbicidas, somente saflufenacil e sulfentrazone aplicados de maneira isolada, aos 3 dias após o plantio, não apresentaram diferença significativa com a testemunha em relação a altura (Sabbag, 2015).

Em estudo com MPB em nível de campo com aplicação em pré-plantio, Garcia (2016) utilizou a associação de sulfentrazone e clomazone (600 e 1080 g i.a. ha⁻¹, respectivamente) aplicada na cultivar CTC 14, sendo seletiva aos 78 DAP, não afetando também a altura das mudas nos períodos avaliados.

Segundo Azânia et al. (2016), avaliando o efeito de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), quando em pré-plantio, dois dias anterior ao transplante das mudas pré-brotadas, na variedade IACSP94-5000, também não encontraram diferença na altura dos perfilhos.

A média do número de perfilhos por touceira apresentou diferença significativa aos 60 DAA nas doses de 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹ comparadas a testemunha e aos 90 DAA na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ em relação as demais doses (Tabela 7).

Tabela 7. Número de perfilhos em diferentes doses de sulfentrazone em diferentes épocas de avaliação. Motuca-SP, 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Número de Perfilhos		
	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	6,4 aB	8,7 aA	9,0 aA
200	6,6 aB	9,7 aA	10,6 aA
400	5,4 abB	8,3 aA	8,7 aA
800	6,2 aB	9,9 aA	10,4 aA
1600	3,9 bB	8,5 aA	9,2 aA
3200	1,3 cC	5,2 bB	9,2 aA
F _(dose) =20,67**		F _(avaliação) =121,87**	F _(dose x avaliação) =3,71**
DMS _(dose) ³ =2,18		DMS _(avaliação) =1,78	
CV(%) ⁴ =13,73			

¹ DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação.

De maneira geral, observa-se que a intoxicação ocasionada pelos herbicidas às mudas pré-brotadas refletiu em menor número de perfilhos, visto que o tratamento que causou os maiores sintomas de fitointoxicação (3200 g i.a. ha⁻¹), proporcionou o menor número de perfilhos (Tabela 7). Até a dose de 1600 g i.a. ha⁻¹ o número de perfilhos aumentou a partir de 90 DAA, não havendo diferença em relação à testemunha. No entanto na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ houve aumento do número de perfilhos somente aos 120 DAA, afetando o desenvolvimento da planta nos períodos anteriores 60 e 90 DAA.

Estudos realizados com herbicidas inibidores da PROTOX, aplicados na cultura da cana-de-açúcar, indicaram que estes produtos afetam significativamente, o comprimento e o número de colmos da variedade RB835089 (Fagliari et al., 2001). Segundo Souza et al. (2009), a resposta das diferentes variedades a ação do mesmo herbicida é diferenciada, o que explica a seletividade do sulfentrazone na dose comercial à variedade CTC 11 utilizada neste trabalho.

Segundo Garcia (2014), em trabalho com MPB variedade CTC 14, não obteve diferença no número de perfilhos no tratamento com sulfentrazone associado ao clomazone (600 e 1080 g i.a. ha⁻¹, respectivamente) e sulfentrazone associado a tebuthiuron (600 e 1100 g i.a. ha⁻¹, respectivamente). Em trabalho de vasos com MPB, Dias (2014) não observou diferença do número de perfilhos no tratamento com sulfentrazone a 800 g i.a. ha⁻¹ nas variedades CTC 14, CTC 7 e RB966928. Ambos os trabalhos estão de acordo com os resultados deste estudo, uma vez que, o sulfentrazone nas doses até 800 g i.a. ha⁻¹ não apresentaram redução do número de perfilhos em todos os períodos avaliados para a CTC 11.

Aos 15, 30 e 60 DAA a dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ apresentou os menores valores do índice SPAD. Nas avaliações de 90 e 120 DAA nenhuma dose apresentou diferenças significativas, mostrando uma recuperação dos sintomas de fitointoxicação do sulfentrazone na variedade CTC 11 (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios do índice SPAD em diferentes períodos de avaliação. Motuca-SP 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Índice SPAD				
	15 DAA ¹	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	47,1 aA ¹	47,1 aA	40,7 aB	32,8 aC	33,8 aC
200	42,9 abA	42,4 abA	37,7 aAb	32,2 aC	36,1 aBC
400	40,9 bcAB	42,5 abA	37,5 aABC	32,7 aC	36,5 aBC
800	42,5 abA	41,1 bA	37,7 aAB	33,5 aB	33,5 aB
1600	36,6 cAB	38,5 bAB	40,0 aA	34,3 aB	35,7 aAB
3200	29,2 dB	28,9 cB	31,6 bAB	33,4 aAB	36,1 aA
F _(dose) =21,89**		F _(avaliação) =28,99**		F _(dose x avaliação) =6,59**	
DMS ³ _(dose) =5,62				DMS _(avaliação) =5,38	
CV(%) ⁴ =7,33					

¹ DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação

Na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ o índice SPAD aumentou aos 120 DAA, havendo uma recuperação do teor de clorofila nas folhas das plantas de cana-de-açúcar. Segundo Inoue (2007), aplicações de herbicidas podem ocasionar sintomas de fitotoxicidade nas plantas no início do desenvolvimento da cultura, como cloroses, necroses e pequenas falhas iniciais de brotação.

Estas alterações no metabolismo da planta resultam na degradação das clorofilas, que possuem estrutura química instável, sensível a ação dos herbicidas. Portanto, métodos de quantificação e de estimativa de tais pigmentos, são utilizados como ferramentas para a seleção de genótipos tolerantes a moléculas herbicidas (STREIT et al., 2005).

Para a cultura da cana-de-açúcar, as avaliações visuais de fitointoxicação nas plantas tratadas e a estimativa de teor de verde nas folhas isoladamente não são suficientes para determinar se uma variedade apresenta seletividade a um herbicida. Portanto deve complementar com a avaliação de outros parâmetros produtivos como altura, número de colmos e produtividade, avaliando de forma mais detalhada a morfologia da planta, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem apresentar efeitos visualmente detectáveis, havendo também exemplos de herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas, mas que permitem manifestar seus potenciais produtivos (Negrisoli et al., 2004; Costa, 2012).

No experimento foram observados sintomas de fitotoxicidade visual nas plantas principalmente nas doses de 1600 e 3200 g i.a. ha⁻¹. Portanto pode-se afirmar que o decréscimo

nos índices SPAD verificados no trabalho estão relacionados com algum tipo de injúria causada pelas altas doses de sulfentrazone. Segundo Carretero (2008) o sulfentrazone causa redução da fotossíntese devido a menor síntese de clorofilas, sendo a clorose um de seus sintomas. Além disso, as clorofilas podem sofrer danos causados pelas espécies reativas de oxigênio, reduzindo ainda mais a atividade fotossintética.

Ferreira et al. (2010) realizou um estudo com as variedades CTC, e dentre as variedades estudadas a CTC 5 foi a mais tolerante aos danos foliares causados pelas aplicações em pós-emergência com aplicação de sulfentrazone. As variedades CTC 1, CTC 2, CTC 3, CTC 4 e CTC 6, por sua vez foram mais sensíveis ao sulfentrazone, apresentando reduções do índice SPAD em relação a testemunha.

Analisando-se as características qualitativas tecnológicas da cana-de-açúcar, observa-se que não houve diferença significativa entre os efeitos dos tratamentos para Brix, apresentando somente diferenças significativas para as variáveis Pol, pureza e ATR, na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹. Logo pode-se afirmar que o decréscimo é decorrente da redução de produtividade pela fitointoxicação (Tabela 9). Os valores recomendados são 18% para Brix, 14% para o Pol e igual ou maior a 85% para pureza (Ripoli e Ripoli, 2004).

Tabela 9. Variáveis tecnológicas e produtividade da cana-de-açúcar aos 330 dias após o plantio. Motuca-SP 2016

DOSE (g i.a. ha⁻¹)	BRIX	POL	PUREZA	ATR	Produtividade de colmos
		(%)		(kg t⁻¹)	(t ha⁻¹)
0	16,9	16,6 a ¹	87,5 a	164,0 a	112,0 ab
200	18,8	16,3 ab	86,9 ab	161,9 ab	113,7 a
400	18,4	15,9 ab	86,5 ab	158,2 ab	116,2 a
800	18,6	16,3 ab	87,6 a	161,5 ab	110,3 ab
1600	18,4	15,9 ab	86,5 ab	158,1 ab	96,5 bc
3200	17,5	14,8 b	84,2 b	147,8 b	84,6 c
CV (%)	3,57	4,41	1,46	4,07	6,75
F _{calc}	2,26 ^{ns}	3,31*	4,67*	3,16*	12,03*
DMS	1,51	1,62	2,84	14,84	16,37

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a p < 0,05

Em trabalho realizado com MPB, e aplicação de sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹) em pré-plantio, Azânia (2016) não observou redução do teor de verde aos 50 dias após o transplante.

Garcia (2016) em estudo de campo com o uso de MPB de cana-de-açúcar com aplicação de herbicidas em pré-plantio, não observou diferenças nas características qualitativas e em produtividade em relação ao uso de tebuthiuron (1100 g i.a. ha⁻¹) associado com sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹).

Os dados de produtividade previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados, nas doses crescente de sulfentrazone, pode-se observar na figura 6.

Figura 6. Efeito do aumento da dose de sulfentrazone sobre a produtividade aos 330 dias após a aplicação. Motuca-SP, 2016

Apesar das doses de sulfentrazone, no início do desenvolvimento terem apresentados sintomas consideráveis de intoxicação nas mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, a redução de produtividade foi observada de acordo com o aumento da fitointoxicação durante os períodos avaliados, sendo que houve diferença significativa entre os tratamentos em relação a produtividade somente na dose de 3200 g i.a. ha⁻¹. A dose de sulfentrazone registrada para a cultura da cana-de-açúcar é de até 800 g i.a. ha⁻¹, portanto de acordo com os resultados deste estudo apresentou seletividade para o manejo em pré-plantio quando plantados no sistema por mudas pré-brotadas.

Os resultados se assemelham aos verificados por Garcia et al. (2016), onde a seletividade do herbicida sulfentrazone 600 g i.a. ha⁻¹ associado a clomazone 1080 g i.a. ha⁻¹ aplicado em pré-plantio em mudas pré-brotadas na cultivar CTC 14, não reduziu a produtividade, mesmo com sintomas iniciais de fitotoxicidade.

2.4. CONCLUSÕES

O sulfentrazone aplicado na dose de 800 g i.a. ha⁻¹ no dia anterior ao plantio de mudas pré-brotadas se mostrou seletivo à cana-de-açúcar variedade CTC 11, não prejudicando o desenvolvimento inicial das plantas, e não afetando consideravelmente o teor de clorofila, pefilhamento, altura, produtividade e qualidade tecnológica da cultura. A dose de 3200 g i.a. ha⁻¹ a mais prejudicial às MPB de cana-de-açúcar em todas as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS

- AZANIA, C. A. M.; AZANIA A. A P. M.; XAVIER, M. A.; PERECIN, D.; BONETI, J. E.B.; CALIXTO, A. R. Tolerância de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados antes do plantio. In: **X Workshop Agroenergia**, 2016, Ribeirão Preto-SP. Disponível em: <http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2016_079.pdf>. Acesso em: set. 2016.
- BARELA, J. F. **Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) afetada pela interação com nematicidas aplicados no plantio**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- CARRETERO, D. M. **Efeitos da inibição da protoporfirinogênio IX oxidase sobre as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- CEPAGRI **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura**. Disponível em <<http://www.cepagri.unicamp.br/outrasinformacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: abr. 2016.
- CONSECANA. **Manual de instruções**. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/novosite/manual_consecana.pdf> Acesso em: Mai.2016.

- COSTA, S. Í. A.; MARTINS, D.; CARDOSO, L. A.; RODRIGUES, A. C. P.; VITORINO, H. S.; MARQUES, R. P. Seletividade do herbicida saflufenacil aplicado em pós-emergência em dez variedades de cana-de-açúcar na condição de soca. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.79, n.1, p.111- 118, jan./mar., 2012.
- CTC Centro de Tecnologia Canavieira. **Variedades CTC**. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/variedades2013WEB3.pdf>>. Acesso em: jan. 2017.
- DIAS, J. L. C. S. **Seletividade de herbicidas em mudas pré- brotadas de cana-de-açúcar**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2014.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A.. (Org.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 697- 722.
- FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Acta Scientiarum**, v.23, p.1229- 1234, 2001.
- FERREIRA, R. R.; OLIVEIRA, F. T. R.; DELITE, F. S. Tolerância diferencial de cultivares de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 395-404, 2010.
- FMC Corp. **Boletim técnico do sulfentrazone**. Campinas: FMC Química do Brasil. 1999. 14 p.
- GAN, S. **Senescence processes in plants**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p. 322.
- GARCIA, MIRELA PERONI. **Seletividade de tratamentos herbicidas em mudas pré- brotadas de cana-de-açúcar CTC 14**. 2016. 43 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2016.
- GREY, T. L.; WALKER, R. H.; WEHTJE, G. R.; HANCOCK, H. G. Sulfentrazone adsorption and mobility as affected by soil and pH. **Weed Sci.**, v. 45, p. 733-738, 1997.

- INOUE, M. H.; SANTIN, A. J.; DALLACORT, R.; POSSAMAI, A. S.; SANTANA, D. C. Performance de associações de herbicidas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Rev. Bras. Herb.**, v.6, n.2, p.32-41, jul./dez. 2007.
- NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI, A.L.; MARTINS, D.; MORELLI, J.L.; COSTA, A.G.F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p. 567-575, 2004.
- REDDY, K. N.; LOCKE, M. A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. **Weed Sci.**, v. 46, p. 494-500, 1998.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.
- ROCHA NETO, A. R.; AZANIA, C. A. M.; BORGES, I. S.; VITORINO, R.; MARCHINE, N. M.; AZANIA, A. P. M. Tolerância de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pré plantio. **IX Workshop Agroenergia**. 2015 Ribeirão Preto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2015_082.pdf> Acesso em: set. 2016.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 6. ed., Londrina: Edição dos autores, 2011. 697p.
- SABBAG, RENAN DOS SANTOS. **Efeito de herbicidas no desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar e no controle de plantas daninhas**. 2015 56 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, 2015.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42 p.

SOUZA, J. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V.; CANDIDO, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TASSO JUNIOR, L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) na região centro-norte do Estado de São Paulo**. 2007. 167 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

3. SELETIVIDADE DE CLOMAZONE QUANDO APLICADO EM PRÉ-PLANTIO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR CTC11

RESUMO

A seletividade de uma cultura a um herbicida é definida pela capacidade de algumas moléculas de eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e qualidade do produto final colhido. Portanto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a seletividade de clomazone aplicado no sistema de plantio por mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar variedade CTC 11. Foi realizado um experimento a campo, no delineamento em blocos casualizados, utilizando seis tratamentos, sendo cinco doses de clomazone (270, 540, 1080, 2160 e 4320 g i.a. ha⁻¹) mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas e livre de plantas daninhas, com 4 repetições, na variedade CTC 11. Após a sulcação, foi realizada a aplicação dos herbicidas, e após um dia, o plantio das mudas. Foram avaliados os sintomas visuais de fitointoxicação e o índice SPAD aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após aplicação. A altura e o número de perfilhos aos 60, 90 e 120 DAA e após 330 dias da aplicação foi realizada a produtividade e as características tecnológicas dos colmos. Constatou-se que a cultivar CTC 11 nas doses de clomazone 270, 540, 1080 e 2160 g i.a. ha⁻¹ apresentaram manchas cloróticas nas folhas, porém com posterior recuperação, observado através do índice SPAD, sem que houvesse comprometimento da produtividade e das características tecnológicas.

Palavras-chave: Inibidores da síntese de carotenóides; *Saccharum spp.*; Fitointoxicação; Pré-plantio

ABSTRACT

The selectivity of a crop to an herbicide is defined by the capacity of some molecules to terminate weeds that are present in the culture, without reducing the yield and the quality of the final harvested product. Therefore, this work was prepared with the objective of assessing the clomazone selectivity when applied to the planting system with pre-sprouted sugarcane seedlings at CTC11 variety. A field experiment was performed in the design of blocks at random, using six treatments, with five rates of clomazone (270, 540, 1080, 2160, and 4320 g a.i. ha⁻¹) plus a untreated, without the application of herbicides in 4 repetitions, in the CTC11 variety. After the grooving, the application of the herbicides was performed, and one day after that, the planting of the seedlings. The visual injury symptoms, and the SPAD index at 15, 30, 60, 90 and 120 days after the application. The height and number of tillers at 60, 90 and 120 DAA, were analyzed, and after 330 days of application, the yield and technological characteristics of the stalks were assessed. It was found that the CTC11 variety in the 270, 540, 1080 and 2160 g a.i. ha⁻¹ clomazone rates presented chlorotic spots in the leaves, observed through the SPAD index, however it recuperated subsequently, without compromise to the yield and technological characteristics.

Keywords: Inhibitors of carotenoid biosynthesis; *Saccharum* spp.; Phytotoxicity; Pre-planting

3.1. Introdução

Assim como em outras culturas a característica mais estudada em relação ao comportamento de herbicidas na cana-de-açúcar é a seletividade dos produtos. A seletividade de uma cultura a um herbicida é definida pela capacidade de algumas moléculas de eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na cultura, sem reduzir-lhe a produtividade e qualidade do produto final colhido (Souza et al., 2009).

Nesse sentido, informações que relacionem a dose aplicada com a seletividade são importantes e facilitam a tomada de decisão em um sistema de produção, de forma a obter controles satisfatórios com possível economia de herbicidas e redução de custos (Campos et al., 2009). Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura, não provocando injúrias nas plantas de cana-de-açúcar, uma vez que, diferentes modalidades de aplicação, sejam em plantio convencional ou no manejo em mudas pré-brotadas, podem causar distintos efeitos fitotóxicos (Monquero et al., 2011).

O ingrediente ativo clomazone pertence ao grupo químico das isoxazolidinona e possui nome químico de 2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-oxazolidin-3. No comércio é conhecido pelas marcas comerciais Gamit 500 e Gamit Star 800 ambos com formulação de concentrado emulsionável e Gamit 360 com formulação de suspensão de encapsulado (Rodrigues e Almeida, 2011). O produto é seletivo, sistêmico e possui classe toxicológica III, considerado medianamente tóxico. Recomendado para aplicação pós-plantio ou pós-colheita, pré-emergência em relação às plantas daninhas e a cultura (Rodrigues e Almeida, 2011).

Estudos realizados com herbicidas inibidores da síntese de carotenóides indicaram que estes produtos afetam o comprimento e a produtividade de colmos da cana-de-açúcar (Soares, 2011). O clomazone inibe a síntese de carotenóides, ocasionando a degradação da clorofila pela luz. Sem a presença dos carotenóides, que protegem a clorofila, o excesso de energia química leva à planta a morte (Oliveira Junior, 2011). Como sintoma característico de fitointoxicação, as plantas apresentam a produção de tecidos novos totalmente brancos (albinos), algumas vezes rosados ou violáceos.

Existe uma carência sobre informações de como o clomazone se comportará aplicado em área total no pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, principalmente em relação à dosagem utilizada. Por essa razão, é fundamental a avaliação em condições de campo da

influência dos principais herbicidas deste grupo, sobre o desempenho da cultura de cana-de-açúcar, independentemente da sua eficiência no controle de plantas daninhas. Em função do exposto, objetivou-se estudar a seletividade de clomazone em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar (MPB), quando aplicado em pré-emergência das plantas daninhas e em pré-plantio das MPB variedade CTC 11.

3.2. Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido no município de Motuca-SP, latitude de 21°30'18.99" S, longitude 48°10'28.50" W e altitude de 627 m, em área de produção de cana-de-açúcar, pertencente a Usina São Martinho, no período de outubro de 2015 à setembro de 2016.

O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koeppen, ou seja, clima mesotérmico, úmido tropical com inverno seco.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), sendo retirada uma amostra composta do solo (0-20 cm) que foi submetido à análise física e química (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10. Análise física do solo utilizado no experimento. Motuca-SP, 2015

Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)		
		Total	Areia Grossa	Areia Fina
26,6	6,6	66,8	48,5	18,3

Tabela 11. Análise química do solo da área experimental. Motuca-SP, 2015

M.O g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P _{resina} mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	CTC	V%	M%	S mg dm ⁻³
29	5,7	50	4,36	41,19	17,23	0,46	62,78	78,78	79,69	0,73	5

Fonte: Laboratórios Dinardo Miranda Análises Agrícolas – DMLab

Os dados climáticos de interesse foram coletados durante todo o período experimental em uma estação meteorológica, localizados a 3,5 km da área experimental (Figura 7).

Figura 7. Precipitação pluviométrica (mm) mensal da área experimental durante as avaliações. Motuca-SP, 2016

3.2.1. Aplicação dos herbicidas e plantio das mudas pré-brotadas

A instalação do experimento iniciou-se no dia 15 de outubro de 2015 com a aplicação dos herbicidas em pré-emergência das plantas daninhas e pré-plantio das mudas pré-brotadas. Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO_2 munidos de bicos tipo leque Teejet AI 110.02, mantido a pressão constante de 200 kPa proporcionando volume de calda de 200 L ha^{-1} , mantendo-se a 0,5 m de altura entre a barra de aplicação e o alvo (Figura 8). A temperatura média, a umidade relativa do ar (UR) média e a velocidade média do vento eram respectivamente, $23,5^\circ\text{C}$, 65% e $4,7 \text{ km h}^{-1}$.

Figura 8. (a) aplicação dos herbicidas; (b) mudas pré-brotadas transplantadas após aplicação dos herbicidas. Motuca-SP, 2015

Cada parcela foi composta de 6 linhas de plantas com 10 metros de comprimento, espaçadas de 1,5 metros entre linhas. Desse modo, a área total de cada parcela totalizou 90 m². O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco doses de clomazone, além de uma testemunha capinada (Tabela 12).

Tabela 12. Ingredientes ativos, marca comercial, mecanismo de ação e doses do herbicida utilizado. Motuca-SP, 2015

	Ingrediente ativo (i.a.)	Nome comercial	Mecanismo de ação	Dose (L p.c. ha⁻¹)	Dose (g i.a. ha⁻¹)
T1	Testemunha	-		-	-
T2	Clomazone	Gamit 360 CS ¹	Inibidor da síntese de carotenóides	0,75	270
T3	Clomazone	Gamit 360 CS ¹		1,5	540
T4	Clomazone	Gamit 360 CS ¹		3	1080
T5	Clomazone	Gamit 360 CS ¹		6	2160
T6	Clomazone	Gamit 360 CS ¹		12	4320

¹SC - Suspensão concentrada

O clomazone utilizado neste trabalho foi gentilmente fornecido pela FMC do Brasil, de acordo com suas características físico-químicas (Tabela 13).

Tabela 13. Características físico-químicas da molécula clomazone utilizada no experimento. Motuca-SP, 2015

Peso molecular	Solubilidade	Pressão de Vapor	pKa	Densidade
	(u g mL⁻¹)	(mm Hg a 25 °C)		(g cm⁻³ a 20 °C)
239,7	1100 ml/L	1,92 x 10 ⁻²	0	1,19
Grupo químico	Ponto de fusão	Kow	pH produto técnico	
isoxazolidinona	157	350	6,4	

Fonte: MacBean (2012)

O plantio das mudas pré-brotadas variedade CTC 11 foi realizado no dia 16 de outubro de 2015, posterior a aplicação dos herbicidas nas parcelas. No dia do plantio, as mudas encontravam-se com aproximadamente 15 cm de altura e de 2 a 5 folhas. Foram feitas capinas em todos os tratamentos para que a parcela não sofresse possíveis interferências de plantas daninhas, e assim influenciar nos resultados de seletividade.

As variáveis analisadas foram: fitotoxicidade atribuindo-se uma escala de nota visual onde 0% representou ausência de injúria a cultura e 100% para a morte das plantas de cana-de-açúcar (SBCPD, 1995), foi estimado o índice SPAD nas folhas de cana-de-açúcar utilizando o SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, USA) sendo obtida a média de cinco leituras do terço médio das folhas +1, +2 e +3, sendo ambas as avaliações realizadas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA). E por fim, altura das plantas medindo-se o comprimento do perfilho principal da superfície do solo até o ápice da inserção das folhas de 5 plantas

provenientes das mudas pré-brotadas aos 30, 60, 90 e 120 DAA e altura aos 60, 90 e 120 DAA. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6. Os dados de fitointoxicação e produtividade foram previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados.

Após 330 dias do plantio foi realizada a colheita de todas as canas da parcela, desbastando as folhas das pontas e, calculando por meio da transformação do peso total das parcelas em toneladas por hectare, obtendo-se dessa forma a produtividade.

Para a determinação das características tecnológicas utilizaram-se 10 colmos tomados ao acaso em cada parcela experimental por ocasião da colheita. As amostras foram encaminhadas ao laboratório da usina para determinação dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar através do método de Consecana-SP (2014): Brix ($^{\circ}$ Brix), Pol (%), Pureza (%) e ATR (kg t^{-1}).

3.3. Resultados e discussão

Aos 15 DAA todas as doses causaram sintomas visuais de fitointoxicação nas plantas de cana-de-açúcar. Aos 15 e 30 DAA as doses de 270, 540 e 1080 g i.a. ha^{-1} causaram fitointoxicação, não ultrapassando 20% consideradas leves. As doses de 2160 e 4320 g i.a. ha^{-1} de clomazone apresentaram sintomas de fitotoxicidade até os 90 DAA, com sintoma característico do mecanismo de ação da inibição da biossíntese de caroteno, com folhas albinas (Tabela 14).

Tabela 14. Fitointoxicação das plantas de cana-de-açúcar em diferentes períodos de avaliação de acordo com a dose de clomazone. Motuca-SP, 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Fitotoxicidade (%)				
	15 DAA ¹	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	0,0 dA ²	0,0 eA	0,0 cA	0,0 dA	0,0 dA
270	1,3 dAB	8,7 dA	3,7 cAB	8,7 cA	0,0 dB
540	10,0 cAB	8,7 dAB	5,0 cB	13,7 cA	5,0 cdB
1080	16,3 cAB	18,7 cA	5,0 cC	8,8 cBC	10,0 bcBC
2160	40,0 bA	43,7 bA	20,0 bC	28,7 bB	16,2 bC
4320	65,0 aA	62,5 aAB	63,7 aA	55,0 aB	46,2 aC
F _(dose) =590,44**		F _(avaliação) =28,15**		F _(dose x avaliação) =7,68**	
DMS ³ _(dose) =8,33				DMS _(avaliação) =7,96	
CV(%) ⁴ =21,45					

¹ DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação

As plantas de cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas apresentaram sensível recuperação dos sintomas de fitointoxicação quando aplicadas as doses de 2160 e 4320 g i.a. ha⁻¹, sendo que na dose de 2160 g i.a. ha⁻¹ aos 120 DAA não ultrapassou 20%.

Ferreira et al. (2012), observaram que o herbicida clomazone na dose de 1000 g i.a. ha⁻¹ aplicado isoladamente em pós-emergência inicial, na variedade RB855156, apresentou fitotoxicidade acima de 50% aos 20 DAA. Já na variedade RB867515, nas mesmas condições de dose e período de avaliação, a fitotoxicidade foi próxima de 40%. Esses resultados não corroboram com as deste estudo, uma vez que, as aplicações foram realizadas em pré-plantio, apresentando seletividade do clomazone a 1080 g i.a. ha⁻¹ às mudas pré-brotadas da variedade CTC 11.

Aos 60 e 90 DAA quando aplicado 2160 e 4320 g i.a. ha⁻¹ ocorreu maior fitotoxicidade em relação aos demais tratamentos. Com destaque para a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹, que apresentou valor acima de 63%, o que pode comprometer o desenvolvimento inicial das plantas e o fechamento da entrelinha. Somente a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ foi mais prejudicial as plantas de cana aos 120 DAA (Tabela 14).

Aos 90 e 120 DAA as doses 270, 540, 1080 e 2160 g i.a. ha⁻¹ apresentaram limite aceitável, ou seja, abaixo de 30% (ALAM, 1974), com exceção da dose de 4020 g i.a. ha⁻¹, que apresentou de acordo com a escala, uma fitotoxicidade severa. Segundo Rolim et al. (1984), uma injúria por herbicida na cultura da cana-de-açúcar de até 30% é descrita como um efeito leve, injúria mais pronunciada, porém não duradoura.

Em trabalho com clomazone aplicado em pré-plantio das mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, Garcia et al. (2016) obtiveram valores de intoxicação semelhantes ao presente trabalho nas primeiras avaliações. Aos 15 DAA do herbicida, ocorreu 18,75% de intoxicação visual, semelhantes aos valores encontrados no mesmo período neste trabalho na dose de 1080 g i.a. ha⁻¹ de clomazone. O mesmo autor observou que após 78 DAA os sintomas visuais desapareceram, contudo no presente trabalho, ocorreu fitotoxicidade até os 120 DAA.

De maneira complementar, os dados de fitointoxicação foram previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados, nos diferentes períodos de avaliação e doses de clomazone (Figura 9).

Figura 9. Avaliações de fitotoxidade de cana-de-açúcar em modelo de regressão Log-logístico para a variedade CTC 11, em função das épocas de avaliação e doses de clomazone aplicado: (a) 15 DAA, (b) 30 DAA, (c) 60 DAA, (d) 90 DAA e (e) 120 DAA. Motuca-SP, 2015 a 2016.

Nas Figuras 10 e 11 podem-se observar os principais sintomas de intoxicação por clomazone apresentados pela variedade CTC 11 descritos aos 30 e 90 dias após o plantio das mudas a campo.

Figura 10. Fitointoxicação das mudas de MPB aos 30 dias após o plantio. Motuca-SP, 2015

Figura 11. Fitointoxicação das mudas de MPB aos 90 dias após o plantio. Motuca-SP, 2016

Em relação a variável altura, a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ afetou o desenvolvimento das plantas de cana aos 60, 90 e 120 DAA (Tabela 15). Sendo que em todas as doses, as plantas se desenvolveram com incrementos na altura.

Tabela 15. Altura (cm), das mudas pré-brotadas, na variedade CTC 11, submetidas a diferentes doses de clomazone em diferentes épocas de avaliação. Motuca-SP, 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Altura (cm)			
	30 DAA ¹	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	7,1 aD ²	31,2 aC	79,1 aB	144,8 aA
270	7,7 aD	32,2 aC	78,4 aB	144,5 aA
540	5,4 aD	28,5 aC	70,7 aB	139,7 aA
1080	6,9 aD	28,8 aC	73,6 aB	139,7 aA
2160	5,7 aD	25,4 aC	70,4 aB	137,4 aA
4320	4,6 aC	13,4 bC	50,0 bB	110,4 bA
F _(dose) =42,11	F _(avaliação) =3396,12**		F _(dose x avaliação) =4,80**	
DMS ³ _(dose) =10,01		DMS _(avaliação) =9,00		
CV (%) ⁴ =8,07				

¹ DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação

Sabbag (2015) observou que o herbicida clomazone a 1120 g i.a. ha⁻¹ aplicado isoladamente em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, nas variedades RB867515 e RB855156, não apresentaram diferenças estatísticas em relação à altura com a testemunha, corroborando com os dados deste estudo.

Em estudo com mudas pré-brotadas em vasos e aplicação em pré-plantio, Dias (2014), avaliou o efeito de diferentes variedades de MPB ao herbicida clomazone. Sendo as cultivares estudadas seletivas até aos 63 DAP, onde não foram observados influência sobre a altura das plantas de cana-de-açúcar.

As doses de clomazone influenciaram significativamente na redução do número de perfilhos nas observações efetuadas aos 60 e 90 DAA, sendo que aos 60 DAA a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ foi a mais prejudicial (Tabela 16).

Tabela 16. Número de perfilhos das mudas pré-brotadas, na variedade CTC 11, submetidas a diferentes doses de clomazone em distintas épocas de avaliação. Motuca-SP, 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Número de Perfilhos		
	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	6,4 aB	8,7 abA	9,0 abA
270	5,8 aB	9,4 aA	10,2 aA
540	6,4 aB	8,3 abA	8,8 abA
1080	5,3 aB	7,1 bcA	7,9 bA
2160	5,8 aB	7,5 abcA	8,6 abA
4320	1,9 bC	6,1 cB	8,2 bA
F _(dose) =13,89**		F _(avaliação) =76,16**	F _(dose x avaliação) =2,42*
DMS _(dose) =2,14		DMS _(avaliação) =1,75	
CV(%) ⁴ =14,10			

¹ DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação.

Dias et al. (2014) não verificaram prejuízos para o perfilhamento com o uso de clomazone quando aplicado em pré-plantio das mudas pré-brotadas. Também estudando MPB de cana-de-açúcar Garcia et al. (2016) observaram que clomazone associado com sulfentrazone (1080 + 600 g i.a. ha⁻¹) aplicados em pré-plantio não apresentaram redução de perfilhos.

As doses de clomazone influenciaram significativamente o índice SPAD sobre as mudas pré-brotadas aos 15 DAA nas doses de 2160 e 4320 g i.a. ha⁻¹. Aos 30 DAA apenas a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ reduziu o índice SPAD em 61,3% (Tabela 17).

Tabela 17. Valores médios do índice SPAD em diferentes períodos de avaliação. Motuca-SP 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	Índice SPAD				
	15 DAA ¹	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA
0	47,2 aA	46,7 aA	40,7 aAB	32,8 aC	33,8 aBC
270	44,9 aA	46,3 aA	42,9 aAB	35,4 aB	36,6 aB
540	40,2 aAB	44,9 aA	39,5 aAB	32,9 aB	36,1 aB
1080	43,3 aAB	45,9 aA	37,6 aBC	33,1 aC	34,1 aC
2160	30,9 bC	42,2 aA	38,6 aAB	33,4 aBC	35,7 aABC
4320	16,6 cB	17,5 bB	38,9 aA	35,9 aA	35,9 aA
F _(dose) =26,71**		F _(avaliação) =12,84**		F _(dose x avaliação) =11,60**	
DMS _(dose) ³ =7,95		DMS _(avaliação) =7,60			
CV(%) ⁴ =10,32					

¹DAA – Dias após a aplicação, ²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, ³DMS – diferença mínima significativa, ⁴CV – coeficiente de variação.

A partir de 60 DAA nenhuma dose aplicada de clomazone afetou o índice SPAD. A dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ teve aumento do valor do índice SPAD de acordo com o período avaliativo, mostrando recuperação do teor de clorofila nas plantas da variedade CTC 11.

Para Ferreira et al. (2010) a determinação de altura dos colmos e o conteúdo total de clorofila de plantas de cana-de-açúcar, podem ser variáveis práticas para o estudo da tolerância a herbicidas. Esses autores também observaram a sensibilidade de clomazone 1100 g i.a. ha⁻¹ em

diferentes variedades de cana de açúcar, destacando as variedades SP80-3280, CTC 3, CTC 4 e CTC 5 como sensíveis, pois foram observados teores de clorofila significativamente baixos aos 21 DAA. Tais fatores podem estar relacionados pela aplicação em pós-emergência inicial da cana-de-açúcar e também pela seletividade diferencial das variedades aos herbicidas, uma vez que, as variedades CTC 6 e CTC 2 foram mais tolerantes a aplicação de clomazone.

Nas variáveis qualitativas (Brix, Pol, pureza e ATR) nenhuma diferença estatística foi observada, sendo que nenhuma das doses utilizadas no estudo afetaram os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar CTC 11 (Tabela 18). Quanto à produtividade, observou-se que as doses de clomazone até 2160 g i.a. ha⁻¹ não promoveram diferenças significativas de produtividades quando comparados à testemunha. No entanto, a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ afetou a produtividade de cana na variedade CTC 11 no sistema MPB, reduzindo em média 23,8% a produtividade em relação aos demais tratamentos.

Tabela 18. Efeitos dos tratamentos sobre a produtividade e análise tecnológica da cana-de-açúcar aos 11 meses após o plantio. Motuca/SP 2016

DOSE (g i.a. ha ⁻¹)	BRIX	POL	PUREZA	ATR	Produtividade de colmos
		(%)		(kg t ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
Testemunha capinada	18,9	16,6	87,5	164,0	112,0 a ¹
270	18,4	15,9	86,4	157,8	111,1 a
540	18,1	15,7	86,4	155,6	110,8 a
1080	18,2	15,6	85,8	155,3	111,1 a
2160	18,5	15,9	86,2	158,5	105,3 ab
4320	17,5	14,8	84,7	142,9	83,8 c
CV (%)	3,21	4,4	1,39	4,01	8,13
F _{calc}	2,75 ^{ns}	2,81 ^{ns}	2,33 ^{ns}	2,82 ^{ns}	23,66*
DMS	1,35	1,59	2,75	14,42	10,62

(¹) Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a p < 0,05

Os dados de produtividade previamente transformados na regressão log-logística respeitando o princípio da normalidade dos dados, nas doses crescente de clomazone, pode-se observar na figura 12.

Figura 12. Redução de produtividade aos 330 dias após a aplicação de clomazone em doses crescentes. Motuca-SP, 2016

Os resultados se assemelham aos verificados por Garcia et al. (2016), onde avaliou-se a seletividade do herbicida clomazone ($1080 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) associado a sulfentrazone ($600 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) em pré plantio da variedade CTC 14 no sistema por mudas pré-brotadas. Neste estudo os autores concluíram que não apresentaram diferenças nas características qualitativas e em produtividade em relação ao uso de clomazone. Os estudos realizados em plantio convencional de cana-de-açúcar por Negrisoni et al. (2004), com o herbicida clomazone também não encontraram diferenças de produtividade. A dose de clomazone registrada para a cultura da cana-de-açúcar é de até $1260 \text{ g i.a. ha}^{-1}$, portanto de acordo com os resultados deste estudo apresentou seletividade para o manejo em pré-plantio quando plantados no sistema por mudas pré-brotadas.

Constatou-se que os tratamentos não influenciaram na qualidade dos parâmetros tecnológicos Pol, Pureza, Fibra e ATR, sendo que os valores recomendados são 18% para Brix, 14% para o Pol e igual ou maior a 85% para pureza (Ripoli; Ripoli, 2004).

3.4. CONCLUSÕES

No sistema de plantio com mudas pré-brotadas, a variedade CTC 11 foi seletiva ao uso de clomazone 1080 g i.a. ha⁻¹ aplicado no dia anterior ao plantio. Sendo a dose de 4320 g i.a. ha⁻¹ a mais prejudicial às variáveis avaliadas. No decorrer do desenvolvimento da cultura, houve recuperação das plantas com sintomas visuais iniciais de intoxicação aos 15 e 30 DAA. Portanto nas doses de clomazone 270, 540, 1080 e 2160 g i.a. ha⁻¹ não afetou consideravelmente o teor de clorofila, perfilhamento, altura, produtividade como também as variáveis tecnológicas durante todo o período da cultura.

Referências

- ALAM - ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v.1, p.35-8, 1974.
- CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.
- CONSECANA. **Manual de instruções**. Disponível em:
<http://www.orplana.com.br/novosite/manual_consecana.pdf> Acesso em: Mai.2016.
- DIAS, JOSÉ LUIZ CARVALHO DE SOUZA. **Seletividade de herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar**. 2014. 73 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2014.
- FERREIRA, R. R.; OLIVEIRA, F. T. R.; DELITE, F. S. Tolerância diferencial de cultivares de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 395-404, 2010.
- FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; GALON, L. L. SANTOS, J. B. Toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica – Ciência Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 84, 2012.

- GARCIA, MIRELA PERONI. **Seletividade de tratamentos herbicidas em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 14**. 2016. 43 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2016.
- MAC BEAN, C. The Pesticide Manual. **A World Compendium**, Hampshire, 16 ed., p.557, 2012.
- MONQUERO, P. A.; BINHA, D. P.; INÁCIO, E. M.; SILVA, P. V. da.; AMARAL, L. R. do. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.286-293, 2011.
- NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI, A.L.; MARTINS, D.; MORELLI, J.L.; COSTA, A.G.F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p. 567-575, 2004.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Omnipax, Curitiba cap. 7, p.141-191, 2011. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap7.pdf>>. Acesso em: 22 aug. 2016.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 6. ed., Londrina: Edição dos autores, 2011. 697p.
- ROLIM, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar ao herbicida tebuthiuron. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 20-24, 1984.
- SABBAG, RENAN DOS SANTOS. **Efeito de herbicidas no desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar e no controle de plantas daninhas**. 2015 56 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, 2015.

SOARES, R. O.; AZANIA, CARLOS ALBERTO MATHIAS, LORENZATO, CASSIA MORILHA, SCHIAVETTO, ANA REGINA, ZERA, FABRICIO SIMONE, AZANIA, ANDREA PADUA. Herbicidas de diferentes mecanismos de ação e a seletividade a cultivares de cana-de-açúcar. **Núcleo**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 337-350, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina, 1995. 42 p.

SOUZA, J. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V.; CANDIDO, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.