

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS INIBIDORES DO
FOTOSSISTEMA II PARA CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

PLINIO SAULO SIMÕES

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS INIBIDORES DO
FOTOSSISTEMA II PARA CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

PLINIO SAULO SIMÕES

Orientador: Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Simões, Plínio Saulo, 1987-
S593s Seletividade de herbicidas inibidores de fotossistema II
para cultivares de cana-de-açúcar / Plínio Saulo Simões. -
Botucatu : [s.n.], 2015
xi, 82 f. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015

Orientador: Caio Antonio Carbonari

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Efeitos dos herbicidas. 2. Elétrons
- Transporte. 3. Plantas cultivares. I. Carbonari, Caio An-
tonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesqui-
ta Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agro-
nômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SELETIVIDADE DE HERBICIDAS INIBIDORES DO FOTOSISTEMA II
PARA CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR"

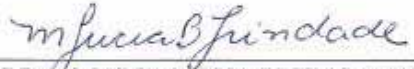
ALUNO: PLINIO SAULO SIMÕES

ORIENTADOR: PROF. DR. CAIO ANTONIO CARBONARI

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



PROF. DR. CAIO ANTONIO CARBONARI



PROFA. DRA. MARIA LÚCIA BUENO TRINDADE



PROF. DR. MARCELO DE ALMEIDA SILVA

Data da Realização: 25 de fevereiro de 2015.

À minha mãe Margareth Ap. Frozza Simões, a meu pai Plínio José Simões e Irmã Lisa Helena Simões, por serem meu chão, minha estrutura e minha maior motivação para chegar até este momento.

À minha avó, Julieta Rocha de Oliveira Simões (*in memoriam*), pelo amor, apoio e precisos ensinamentos durante minha formação como pessoa.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, o grande provedor de minha vida e por ter me guiado a chegar até esse momento em minha carreira profissional.

A meus pais Plinio José Simões e Margareth Aparecida Frozza Simões que me dedicaram todo amor e carinho, possibilitando e incentivando o meu desenvolvimento profissional. E pelos ensinamentos e experiências imprimidas durante toda minha vida.

A minha irmã Lisa Helena Simões por toda dedicação e compreensão em todos esses anos de convivência.

A minha namorada Fernanda Amorim pela ajuda e motivação durante esta importante fase de minha vida.

Ao Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari pela orientação, paciência e dedicação durante a condução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini por toda ajuda dispensada ao longo do trabalho.

A Arysta LifeScience pelo suporte e contribuições para o desenvolvimento do trabalho, em especial aos Eng. Agr. Ângelo Stasievski e Giuvan Lenz por toda dedicação durante a condução do trabalho.

Aos amigos de República Jorge Martinelli Martello, Cristiano Magalhães Pariz, Wellington Demarchi e Luiz Tadeu Jordão pela convivência e sugestões diárias

Aos funcionários e amigos do laboratório de Matologia José Guilherme Cordeiro, José Roberto M. Silva e Marcelo Siono pelas preciosas colaborações durante a realização do experimento.

Aos meus amigos da República Cortiço pelo acolhimento dado durante o período de estágio e início de mestrado.

Aos amigos e colegas de laboratório Diego Belapart, Edicarlos de Castro, Renan Nascentes, Gabrielle de Castro Macedo, Ronei Bem, Lucas Perin, Giovanna Larissa Gimenes Cotrick Gomes, Gilmar José Picoli Júnior, Ana Karollyna, Débora Latorre, Rosilaine Araldi, Marcelo Giroto, Leandro Tropaldi, Natália Corniani, Bruna Marchesi e Ivana Paula, pelos bons momentos de convívio e pela boa vontade ao cooperarem para conclusão das atividades práticas.

Aos estagiários Vitor Gregolin, Guilherme Silveira, Bruno Regazzo, Douglas, Diego, Rodolfo, Roberta, Euler, Fabrício e Mayara pela ajuda durante a condução do trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Agricultura, e à Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade e formação. A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 A importância da cana-de-açúcar.....	7
4.2 Interferência e controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar	8
4.3 Seletividade de herbicidas à cana-de-açúcar.....	12
4.4 Herbicidas Inibidores de fotossistema II	16
4.5 Taxa de transporte de elétrons (ETR)	19
5. MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Experimento em casa de vegetação	22
5.1.1 Variáveis avaliadas	24
5.2 Experimentos em Campo.....	27
5.2.1 Local e características das áreas.....	27
5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	28
5.2.3 Variáveis avaliadas.....	30
5.3. Análise dos dados	32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1 Experimento em casa de vegetação	34
6.1.1 Taxa de transporte de elétrons (ETR)	34
6.1.2 Alturas de plantas	39
6.1.3 Massa de matéria seca de parte aérea.....	43
6.1.4 Teores de clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> e carotenoides nas folhas	46

6.1.5 Fitotoxicidade.....	51
6.2 Experimento de campo	53
6.2.1 Taxa de transporte de elétrons (ETR)	53
6.2.3 Número, altura e diâmetro de colmos	56
6.2.5 Produtividade e características tecnológicas	60
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
8. CONCLUSÃO.....	65
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
10.ANEXO.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química e física do solo utilizado em casa de vegetação. Botucatu/SP, 2015.	23
Tabela 2. Resultados da análise química dos solos (0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade) das áreas experimentais. Pereiras/SP, 2014.	28
Tabela 3. Resultados da análise granulométrica dos solos (0 a 20 cm de profundidade) das áreas utilizadas no experimento. Pereiras/SP, 2014.	28
Tabela 4. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 4 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	40
Tabela 5. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 9 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	41
Tabela 6. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 17 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	41
Tabela 7. Altura das plantas (cm) da cultivar RB867515 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	42
Tabela 8. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 4 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	43
Tabela 9. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 9 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	44
Tabela 10. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 17 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	45
Tabela 11. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar RB867515 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.	46
Tabela 12. Determinações da clorofila a, b e carotenoides (mg g^{-1}) em casa de vegetação, para a cultivar CTC 4 aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.	47
Tabela 13. Determinações da clorofila a, b e carotenoides (mg g^{-1}) em casa de vegetação, para a cultivar CTC 9 aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.	48
Tabela 14. Determinações da clorofila a, b e carotenoides (mg g^{-1}) em casa de vegetação, aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.	49
Tabela 15. Determinações da clorofila a, b e carotenoides (mg g^{-1}) em casa de vegetação para cultivar RB867515, aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.	50

Tabela 16. Médias de fitotoxidade em % em relação a testemunha em cana-de-açúcar nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515, submetida aos diferentes tratamentos com herbicidas inibidores do fotossistema II, em diferentes doses. Botucatu/SP, 2015.....	52
Tabela 17. Teores de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e carotenoides (mg g ⁻¹), aos 30, 65, 189 dias após aplicação dos herbicidas, nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Pereiras/SP 2015.	55
Tabela 18. Número de colmos por metro linear aos 68,189 e 325 dias após a aplicação, nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Pereiras/SP, 2015.....	57
Tabela 19. Altura média de colmos aos 189 e 325 dias após a aplicação nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Botucatu/SP, 2015.	59
Tabela 20 Diâmetro médio (mm) de colmos aos 325 dias após a aplicação dos herbicidas, nas cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17. Botucatu/SP, 2015.....	59
Tabela 21. Produtividade estimada em toneladas por hectare aos aos 325 dias após a aplicação, nas Cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17. Botucatu/SP , 2015.....	61
Tabela 22. Características tecnológicas das cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17 aos 325 dias após a aplicação. Pereiras/SP, 2015.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Momento da aplicação (A), disposição dos vasos no momento da aplicação (B), acomodação em casa de vegetação após aplicação (C). Botucatu/SP, 2015.	24
Figura 2. Pannel frontal do fluorômetro portátil OS5p. Botucatu/SP, 2015.	25
Figura 3. Coleta de discos foliares para posterior análise de teor de clorofila e coleta para determinação de massa de matéria seca de parte aérea, aos 39 dias após a aplicação. Botucatu/SP, 2015.	26
Figura 4. Maceração das amostras com nitrogênio líquido (A), pesagem do material macerado em balança de precisão (B), aparelho utilizado para a leitura das amostras (C). Botucatu/SP, 2015.	27
Figura 5. Precipitação (mm), e temperaturas mínimas e máximas (°C) durante a condução do experimento. Pereiras/SP, 2015.	29
Figura 6. Aplicação dos tratamentos nos experimentos de campo. Pereiras/SP, 2015.	30
Figura 7. Mensuração da taxa de transporte de elétrons (ETR). Pereiras/SP, 2014.	30
Figura 8. Medição de altura de colmos aos 128 DAA, medição de diâmetro de colmos, altura de plantas. Botucatu/SP, 2015.	31
Figura 9. Seleção de colmos para estrapolação de produtividade e análises tecnológicas. Botucatu/SP, 2015.	32
Figura 10. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida amicarbazone em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.	36
Figura 11. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida tebuthiuron em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.	37
Figura 12. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida diuron + hexazinona em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.	38
Figura 13. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar Cultivares CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515, após aplicação dos herbicidas amicarbazone (1260g i.a ha ⁻¹), tubuthiuron (1040g i.a ha ⁻¹) e diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha ⁻¹) a campo. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Pereiras/SP, 2015.	54

- Figura 14.** Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 17 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015. 79
- Figura 15.** Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 9 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015. 80
- Figura 16.** Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 4 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015. 81
- Figura 17.** Plantas de cana-de-açúcar cultivar RB867515 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015..... 82

1. RESUMO

Para o sucesso na execução do controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, a seletividade dos herbicidas destaca-se como um fator determinante e de grande importância para o correto posicionamento dos produtos. Cada cultivar pode responder de maneira diferente ao mesmo herbicida na mesma dose e a seletividade não é somente determinada por presença ou não da fitointoxicação visual, pois há relatos de injúrias visuais iniciais que não afetaram a produção. Os herbicidas com efeito residual prolongado no solo são empregados recorrentemente, dentre os quais, encontram-se alguns inibidores de fotossistema II. Sendo assim, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos dos herbicidas amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona sobre a taxa de transporte de elétrons no fotossistema II (ETR), crescimento, desenvolvimento e produtividade das cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Foram realizados experimentos em campo e em casa de vegetação para cada uma dessas cultivares. Em casa de vegetação foram realizadas avaliações da ETR, por meio de um fluorômetro portátil, massa de matéria seca e fitointoxicação das plantas e em campo foram feitas avaliações da ETR, número de perfilhos, altura de plantas, diâmetro de colmos, produtividade e características tecnológicas. Em casa de vegetação, o herbicida tebuthiuron causou os menores níveis de redução da ETR,

pigmentos fotossintéticos, fitotoxicidade, massa de matéria seca e altura das plantas das diferentes cultivares de cana-de-açúcar, seguido pelo amicarbazone, e diuron+hexazinona. Os efeitos dos herbicidas na ETR, pigmentos fotossintéticos e fitotoxicidade foram muito mais intensos em casa de vegetação do que em campo para as diferentes cultivares. Os herbicidas tebuthiuron, amicarbazone e diuron+hexazinona foram seletivos para as diferentes cultivares e as reduções de ETR após a aplicação dos herbicidas não influenciaram a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar.

2. SUMMARY

Herbicide selectivity inhibitors of photosystem II to cultivars cane sugar. Botucatu/SP, 2015. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”.

Autor: PLINIO SAULO SIMÕES

Orientador: CAIO ANTONIO CARBONARI

For the successful implementation of chemical weed control on sugarcane crops, the selectivity of herbicides stands out as a determining and very important factor for the correct positioning of products. Each cultivar may respond differently to the same herbicide in the same dose and the selectivity is not only determined by the presence or absence of visual phytotoxicity as there are reports of early visual injuries that did not affect the production. Herbicides with an extended residual effect in the soil are recurrently used, among which are some photosystem II inhibitors. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of the herbicides amicarbazone, tebuthiuron and diuron + hexazinone on the electron transport rate in photosystem II (ETR), growth, development and productivity of CTC 4, CTC 9, CTC 17 and RB867515 sugarcane cultivars. Experiments were carried out in the field and on a greenhouse for each of these cultivars. In the greenhouse, evaluations of dry

mass of plants, plant phytointoxication and ETR by means of a portable fluorometer were performed, and in the field evaluations were made of number of tillers, plant height, stalk diameter, productivity, ETR and technological characteristics. In the greenhouse, the herbicide tebuthiuron caused the lowest reduction levels of ETR, photosynthetic pigments, phytotoxicity, dry weight and plant height of the different sugarcane cultivars, followed by amicarbazone, and diuron + hexazinona. The effects of herbicides in ETR, photosynthetic pigments and phytotoxicity were more intense in greenhouse than in the field for all different cultivars. The herbicides tebuthiuron, amicarbazone and diuron + hexazinona were selective for all different cultivars, and reductions in the ETR after herbicide application did not influence the productivity and technological characteristics of sugarcane.

KEYWORDS: amicarbazone, tebuthiuron, diuron, hexazinona, electron transport rate, *saccharum spp.*

3. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes na história do Brasil por ser matéria prima para a produção de vários produtos, entre eles o álcool e o açúcar e atualmente também se destacando pela geração de energia derivada da incineração da palha e resíduo de moagem. A cadeia de produção da cana-de-açúcar tem grande importância econômica pela geração direta e indireta de empregos e contribuição com a balança comercial brasileira, através de exportação dos produtos e seus derivados.

O Brasil atualmente é o maior produtor e exportador mundial de produtos derivados da cana-de-açúcar, com uma área cultivada de aproximadamente 9 milhões de hectares e moendo 659 milhões de toneladas de cana-de-açúcar anualmente (CONAB, 2014), tendo como destaque na produção, o estado de São Paulo.

A limitação na produção da cana-de-açúcar deve-se a vários fatores, e dentre eles se encontra a competição das plantas daninhas com a cultura, que pode representar perdas significativas na produção, além de redução na qualidade da matéria prima, na longevidade de produção dos canaviais, dificuldade de colheita e hospedagem de pragas e doenças (KUVA et al., 2001; NEGRISOLI et al., 2004; PROCÓPIO et al., 2004).

Desta forma, se torna indispensável o correto manejo das plantas daninhas no momento apropriado e utilizando os métodos adequados, com a finalidade de reduzir as perdas sem causar qualquer tipo de dano à cultura. O controle químico é o método de manejo mais utilizado na maioria dos canaviais, por sua boa relação entre custo e benefício quando comparado aos demais métodos de controle de plantas daninhas e pela disponibilidade de inúmeros herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar.

Apesar de todos os benefícios proporcionados pelos herbicidas para o manejo de plantas daninhas, deve-se levar em consideração que os inúmeros produtos registrados para o uso em cana-de-açúcar podem afetar de alguma forma a cultura da cana-de-açúcar durante seu desenvolvimento. Esses efeitos prejudiciais são consequência de vários fatores relacionados ao herbicida utilizado, a forma em que foi aplicado e às características genéticas de cada cultivar de cana-de-açúcar.

O continuo desenvolvimento de novos herbicidas para utilização na cultura e introdução de novas cultivares constantemente, faz com que o estudo dessa interação do herbicida em cada cultivar seja contínuo e desta forma a avaliação da seletividade de herbicidas nas novas cultivares presentes no mercado deve ser permanente.

A seletividade pode ser descrita como a capacidade de um herbicida de causar a morte ou inibição de crescimento de uma determinada planta, sem a causar injúrias na cultura de interesse (ANDERSON, 1993; OLIVEIRA, 2001). A determinação da seletividade de um herbicida não pode ser concluída somente com simples detecção de sintomas visuais de fitointoxicação, pois existem casos que o herbicida reduz a produtividade da cultura sem manifestação de sintomas visíveis (NEGRISOLI et al., 2004).

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar a seletividade dos herbicidas inibidores de fotossistema II (amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona) para diferentes cultivares de cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515), em campo e casa de vegetação com aplicação em pós-emergência inicial da cultura.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A importância da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária da ilha de Papua em Nova Guiné, onde era uma planta silvestre e cultivada em algumas moradias como uma planta ornamental, e mais tarde, acompanhando as migrações náuticas dos habitantes do Oceano Pacífico, foi se disseminando por várias regiões do sudeste asiático como Indochina, Malásia, Bengala e China, e chegando mais tarde na Índia (MIRANDA, 2008).

No Brasil, a cana-de-açúcar foi introduzida logo após a chegada dos portugueses, em torno de 1500, onde começaram quase que simultaneamente o cultivo em Pernambuco e São Paulo, desta forma, o primeiro relato de engenho em terras brasileiras foi na Capitania de São Vicente, São Paulo, construído pelo governador Martim Afonso que acreditava na expansão e adaptação da cultura naquele novo território (MIRANDA, 2008).

Com a concepção de Martin Afonso, o Brasil faz-se na atualidade o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área cultivada na safra 2013/2014 de aproximadamente de 9 milhões de hectares e moagem de 659 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo a região sudeste a maior produtora com 63% da área cultivada com destaque para o estado de São Paulo que detém 51% (4,6 milhões de hectares) da área

plantada, seguido por Goiás com 9,5%, Minas Gerais com 8,8%, Mato Grosso do Sul com 7,6%, Paraná com 7%, Alagoas com 4,1%, Pernambuco 2,8% esses estados representam aproximadamente 92 % do total produzido e os demais estados com representação abaixo dos 3% (CONAB, 2014).

4.2 Interferência e controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

Todas as culturas durante o seu ciclo estão sujeitas a uma série de interferências naturais que podem ser benéficas ou maléficas ao seu desenvolvimento, dentre esses fatores a ocorrência das plantas daninhas, as quais se destacam pois estas apresentam características agressivas em relação à cultura de interesse, tornando-se competidoras por recursos do meio comum, como água, luz e nutrientes. A competição é a principal forma de interação entre uma cultura agrícola e uma comunidade infestante de plantas daninhas, alguns fatores dessa interação podem ser relativos a cultura (densidade, espaçamento, cultivar) e a planta daninha (composição específica, densidade e distribuição) (PITELLI, 1985).

As cultivares de cana-de-açúcar que possuem características como velocidade e intensidade de perfilhamento, rapidez na brotação inicial, desenvolvimento foliar e arquitetura favorável ao rápido fechamento do dossel da cultura, apresentam maior capacidade competitiva em relação às plantas daninhas, em função da maior capacidade de sombrear o solo (RODRIGUES, 1995).

Em alguns casos de alta infestação, pode-se chegar a 86% de perda de produção de colmos industrializáveis (CHRISTOFFOLETI, 1997). Kuva (2001), ao estudar a competição de *Brachiaria decumbens* em alta infestação observou redução em torno de 82% na produção de cana-de-açúcar e a presença de *Ipomea hederifolia* reduziu o número de colmos e produção em 34% e 46%, respectivamente, quando exposta a competição (SILVA, 2009).

As condições climáticas de cada região e época de plantio da cultura da cana-de-açúcar são bem distintas e determinantes quanto às espécies de plantas daninhas dominantes na área e o período de interferência com a cultura (VICTORIA FILHO e CHRISTOFFOLETI, 2004). Uma vez estabelecida a competição o produto final será

alterado tanto em sua qualidade quanto em quantidade, em consequência afetando o custo de produção e diminuindo o número de cortes viáveis do canavial.

Estimativas apontam a ocorrência de mais de 1000 espécies de plantas daninhas que habitam o agroecossistema da cana-de-açúcar em todo o mundo, porém com as mudanças para sistema de cultivo “cana crua” que estão ocorrendo nos últimos anos vem se selecionando espécies de forma específica para cada região e sistema de produção (AZANIA et al., 2002; CARVALHO et al., 2005)

Algumas das principais espécies que hoje afetam as áreas de cultivo comercial de cana-de-açúcar tanto em cana planta ou cana soca são: Tiririca (*Cyperus rotundus*); capim-camalote (*Rottoboellia exaltata*); capim-elefante (*Pennisetum atropurpureu*); corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*); capim-fino (*Brachiaria mutica*); capim-colonião (*Panicum maximum*); grama-seda (*Cynodon dactylon*); capim-guiné (*Paspalum paniculatum*); siratro (*Macroptilium atropurpureu*); braquiária (*Brachiaria decumbens*); caruru (*Amaranthus hybridus*); serralhinha (*Emilia coccinea*) e capim colchão (*Digitaria spp*); (OLIVEIRA e FREITAS, 2008). Com o avanço da colheita mecanizada “cana crua” foram se selecionando as espécies, principalmente, trepadeiras do gênero *Merremia* e *Ipomea* (CORREIA et al., 2010), com maior ênfase para as espécies *Ipomea quamoclit*, *Ipomea hederifolia*, *Ipomea grandifolia*, *Ipomea purpurea* e *Merremia cissoides* (KUVA et al., 2007).

Os períodos críticos de interferência das plantas daninhas sobre as culturas foram divididos em três períodos por Pitelli e Durigan (1984): Período anterior à interferência (PAI), em que a cultura pode conviver com a comunidade infestante antes que a interferência se instale de maneira definitiva e reduza significativamente a produtividade da lavoura; período total de prevenção à interferência (PTPI), após o qual a própria cultura através principalmente de sombreamento controla e impede o crescimento das plantas daninhas; e período crítico de prevenção à interferência (PCPI) que se entende pelo período em que o controle da vegetação infestante deve ser realizado obrigatoriamente, situando-se entre os limites superiores do PAI e do PTPI.

Em cana-planta, o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) em área infestada por capim-braquiária inicia-se aos 89 dias após o plantio e estendendo-se até 138 dias (KUVA et al., 2001). Segundo os mesmos autores, nas soqueiras, o PCPI observado foi de 30 a 100 dias após a emergência da cultura para a cana-soca em períodos secos e de 30 a 60 dias na cana-soca em períodos úmidos. As características

próprias da cultura da cana-de-açúcar (perfilhamento e porte) favorecem o prolongamento do período de convivência e consequente interferência quando comparada com culturas anuais como o milho e a soja (ROLIM e CHRISTOFFOLETI, 1982). Os estudos destes períodos de interferência determinam, em última análise, o período em que efetivamente os métodos de controle devem ser utilizados.

Para o sistema comercial e intensivo de produção de cana-de-açúcar o controle das plantas daninhas é prática obrigatória para minimização da interferência causada pelas plantas daninhas, e o principal método de controle utilizado é o químico (HERNANDEZ et al., 2001). Esse método é amplamente utilizado em função da elevada eficiência e grande rendimento para as grandes áreas plantadas, aliado ao baixo custo, quando comparado com outros métodos de controle (GALON et al., 2009), além de existir no mercado grande diversidade de herbicidas disponíveis e registrados para o uso nos canaviais.

Os prejuízos causados pela presença das plantas daninhas podem ser reduzidos por meio de práticas de controle que estão ao alcance dos produtores, como o método mecânico, culturais e químicos. Atualmente, no Brasil, o controle químico é o mais utilizado na cultura da cana-de-açúcar em virtude das extensas áreas cultivadas, e dificuldade na obtenção de mão-de-obra, a facilidade de aplicação, baixo custo, alta eficácia e rendimento (PEDRINHO JR. e DURIGAN, 2001; ROSSI, 2004)

Em consequência desses aspectos positivos do controle químico, a cultura de cana-de-açúcar, tradicionalmente plantada em grandes áreas, assimilou muito rápido esta tecnologia, sendo hoje uma das culturas com maior intensidade de uso de herbicidas no Brasil (PROCÓPIO et al., 2003; ROSSI, 2004). Dentre os defensivos agrícolas, os herbicidas correspondem a 56% do volume comercializado no Brasil, sendo a cana-de-açúcar a segunda cultura em consumo deste insumo no país, ficando atrás apenas da soja (PROCÓPIO et al., 2003).

O objetivo do controle químico de plantas daninhas é a obtenção de máxima eficácia de controle com alta seletividade para a cultura, de forma econômica e com a minimização dos efeitos ambientais. Os herbicidas que se encontram em uso na cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle das plantas daninhas em função do grau de seletividade para a cultura, da dose, época de aplicação, estágio fenológico e condições fisiológicas e bioquímicas da cultura e das características das plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2008). Os produtos disponíveis no mercado

variam em suas características físico-químicas, que interagem com os aspectos climáticos, edáficos e culturais dos sistemas de produção (CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

Segundo Azania (2008), o uso de herbicidas em pré ou pós-emergência, quando posicionados corretamente, é de alta eficácia no controle das plantas daninhas. Os herbicidas utilizados para a cultura da cana-de-açúcar, na sua maioria, são seletivos, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada, com controle das plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento e a produtividade da cultura (ARALDI, 2010).

No Brasil, estão registradas cerca de 47 formulações herbicidas para uso na cultura da cana-de-açúcar, descritas pelo Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT, 2014). A grande maioria dos herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar são recomendados para aplicação em pré-emergência ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas, sendo assim, o principal destino da maior parte dos herbicidas é o solo. Portanto, estes herbicidas apresentam a dinâmica afetada por fatores ligados às características físico-químicas do herbicida (solubilidade, adsorvidade, volatilidade e outras). Estas propriedades relacionadas com as condições climáticas e edáficas irão determinar a disponibilidade do herbicida na solução do solo (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO, 2005).

Neste sistema de produção intensivo do setor sucroalcooleiro uma grande quantidade de herbicidas é consumida no controle de plantas daninhas, buscando reduzir os efeitos negativos de sua presença e garantir a alta produtividade dos canaviais. A maioria das moléculas registradas para a cana-de-açúcar é aplicada em pré-emergência e geralmente, apresentam alta mobilidade e efeito residual prolongado nos solos (PEÑAHERRERA-COLINA et al., 2005; BLANCO et al., 2010). Dentre os principais herbicidas utilizados encontram-se o amicarbazone, o clomazone, a mistura formulada de diuron+hexazinona, o imazapic, o sulfentrazone e o tebuthiuron, aplicados principalmente em pré-emergência e com características físicas e químicas distintas.

As aplicações de herbicidas em pré-emergência e com efeitos residuais ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar se estende praticamente por todo o ano, e as pulverizações podem ocorrer em solos com alta ou baixa disponibilidade hídrica. No entanto, é possível realizar aplicações em diferentes períodos quanto à umidade sem reduzir a eficácia dos herbicidas, respeitando-se as características de cada molécula. Se um herbicida for posicionado de forma errada, o mesmo pode ser lixiviado para fora da camada

de solo em que se encontra presente o banco de sementes quando aplicado em época chuvosa, sendo necessário adequar o herbicida corretamente para obtenção do sucesso no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO, 2005).

Segundo Christoffoleti e Ovejero (2005), os herbicidas de alta solubilidade em água; baixos Kow (coeficiente de partição entre octanol e água) e Koc (coeficiente de adsorção do carbono orgânico) podem ser recomendados para aplicação na cultura da cana-de-açúcar em épocas secas. Dentre os herbicidas que apresentam estas características, pode-se citar: o amicarbazone, imazapic, imazpyr, isoxaflutole e tebuthiuron.

A cana-de-açúcar pode responder diferentemente a cada herbicida, em determinada dose e em cada fase de seu crescimento inicial, ou mesmo tolerar a competição com eventuais plantas daninhas presentes na área. É bem conhecido em outras culturas, como por exemplo cereais, que em diferentes estádios fenológicos, as plantas são mais sensíveis à aplicação de herbicidas em determinadas doses. Porém, na cultura da cana, as informações relativas à tolerância a herbicidas não se encontram ainda pesquisadas de forma clara e conclusiva (CORRÊA, 2006).

Em ensaios que têm por objetivo avaliar especificamente a seletividade, é importante isolar o efeito do herbicida utilizado, tornando-se indispensável a eliminação das plantas daninhas presentes, uma vez que essas espécies apresentam germinação e emergência desuniformes, ocorrendo escape de plantas, podendo haver interferência devido a possíveis liberações de substâncias alelopáticas, além dos efeitos da matocompetição sobre a cultura. Desta forma, ao avaliar-se os prejuízos à cultura, seria difícil determinar se os mesmos são resultados da toxicidade dos produtos, da interferência das plantas daninhas ou de ambas (CONSTANTIN, 1997).

4.3 Seletividade de herbicidas à cana-de-açúcar

A seletividade de um herbicida é a capacidade de causar a morte ou inibir o crescimento de algumas plantas sem causar danos à cultura de interesse (ANDERSON, 1993). A seletividade não pode ser determinada apenas pela simples verificação de sintomas visuais de fitointoxicação, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis; há também exemplos de herbicidas que provocam injúrias bastante

acentuadas, mas que lhes permitem manifestar plenamente seus potenciais produtivos (NEGRISOLI et al., 2004).

A seletividade de herbicidas é considerada como uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida, uma vez que, a base da seletividade aos herbicidas é o nível diferencial de tolerância das culturas e das plantas daninhas a um tratamento específico. A seletividade trata-se, portanto, de um fator relativo, e não absoluto e particularmente característico para uma determinada interação herbicida-planta, planta daninha-cultura, condições edafoclimáticas (OLIVEIRA JUNIOR, 2008).

A seletividade dos herbicidas varia em função de vários fatores, dentre eles, pode-se destacar dose, época de aplicação, estágio fenológico da cultura, dentre outros. As diversas cultivares de cana-de-açúcar apresentam características morfológicas e fisiológicas diferentes, que provavelmente influenciam no comportamento quanto a sua tolerância a herbicidas (ROLIM e CHRISTOFFOLETI, 1982) e com isso apresentam respostas diferenciadas aos herbicidas, tendo como consequências frequentes problemas de fitotoxicidade.

O comportamento diferenciado de genótipos de cana-de-açúcar diante de diversos herbicidas (VELINI et al., 2000), associado ao estágio de desenvolvimento desta cultura (WIXSON et al., 1991), tem sido fator importante na tolerância de cultivares a herbicidas. Portanto, com a utilização do método químico, para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, há necessidade de avaliar melhor a tolerância de diferentes genótipos aos herbicidas, uma vez que cada cultivar pode apresentar variações nas respostas em função do herbicida usado, sua dose, época de aplicação etc. (CARVALHO et al., 2009). De acordo com Ferreira et al., (2010), a caracterização primária da tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas é de suma importância para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético focados em cultivares com menor fitointoxicação.

Oliveira Jr (2008), relata que a seletividade dos herbicidas para as plantas depende da interação de diferentes fatores classificados em três categorias: 1) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação (dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta); 2) fatores relacionados às características das plantas (diferenças fisiológicas e morfológicas entre espécies de plantas, seletividade associada à retenção e absorção diferencial - superfície e ângulo de

inserção foliar, forma, número e arranjo do dossel; idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa, seletividade associada à translocação diferencial e; seletividade associada ao metabolismo diferencial -destoxificação; 3) antídotos ou “safeners”.

Quando se refere a dose do produto comercial é normalmente expressa em unidade de massa (g^{-1} ou kg^{-1}) ou de volume (L^{-1} ou ml^{-1}) por unidade de área (ha), e quando se refere ao princípio ativo, é por convenção expressada por unidade de área independentemente do tipo de formulação sendo ela sólida ou líquida. A dose aplicada do herbicida deve ser tal que as plantas daninhas sejam efetivamente controladas sem causar dano a cultura de interesse (OLIVEIRA JUNIOR e INOUE, 2011).

A formulação de um herbicida tem uma grande importância para determinar se este é ou não seletivo para uma determinada espécie. Um dos exemplos seja a utilização de formulações sólidas peletizadas ou granuladas, que assim permitem que após sua aplicação no campo o herbicida não fique retido nas folhas, deste modo dificultando sua absorção foliar, entrando em contato apenas com o solo. Algumas substâncias também são utilizadas (adjuvantes e protetores), que são geralmente adicionados às formulações líquidas para aumentar ou diminuir a toxicidade do herbicida em questão (OLIVEIRA JUNIOR e INOUE, 2011).

A seletividade de herbicidas relacionada pelo posicionamento físico é discutida aqui em referência a qualquer fator que resulte na separação espacial entre tecidos sensíveis da cultura e doses tóxicas dos herbicidas. A seletividade desejada é alcançada quando uma concentração tóxica do herbicida fica em contato com as plantas daninhas, mas evita-se tais concentrações para as culturas (OLIVEIRA JUNIOR; INOUE, 2011).

Um aspecto importante da lixiviação de herbicidas refere-se à seletividade por posicionamento no solo. Um exemplo dessa seletividade foi observado em experimentos que objetivou-se avaliar o posicionamento do herbicida composto pela mistura formulada de imazethapyr e imazapir (75+25g e.a. L^{-1}) no perfil do solo sobre o desenvolvimento inicial de genótipos de arroz não resistente, e se verificou que o arroz semeado em maiores profundidades desenvolveram coleótilos mais longos e sistema radicular mais profundo, estando exposto à maior absorção de imazethapyr. Assim, a lixiviação desse herbicida para locais distantes das radículas das plântulas, na fase inicial da germinação, pode ser uma eficiente forma de seletividade por posicionamento do herbicida no solo (ZHANG et al., 2000).

Já a respeito da seletividade de aplicação de herbicidas em pós-emergência, quando não se tem algum mecanismo de seletividade deste produto a tal cultura, é usado a aplicação em jato dirigido, sendo assim, se evita o contato do herbicida com a cultura sensível ao produto, ao mesmo tempo fazendo entrar em contato com as plantas daninhas. Para se alcançar esse isolamento com segurança no momento da aplicação, geralmente os implementos de aplicação estão munidos de alguns equipamentos de proteção acoplados a barra de pulverização (OLIVEIRA JUNIOR e INOUE, 2011).

O metabolismo diferencial é provavelmente o mais comum dos mecanismos que contribuem para a seletividade de herbicidas nas plantas. Uma planta capaz de tolerar um herbicida através deste mecanismo é capaz de alterar ou degradar a estrutura química do herbicida através de reações que resultam em substâncias não tóxicas. Plantas que não possuem a habilidade de destoxificar um determinado herbicida são mortas enquanto as plantas tolerantes que possuem esta capacidade escapam (AKOBUNDU, 1987).

Segundo Hess e Weller (2000), o metabolismo dos herbicidas segue três fases: Fase 1; Conversão (oxidação, redução e hidrólise); Fase 2; Conjugação (açúcares, aminoácidos e glutathione): Fase 3: conjugados secundários e compartimentalização.

Na Fase 1 ocorre a introdução de um grupo hidrofílico através de oxidação, redução ou hidrólise. Os anéis aromáticos são oxidados pelas enzimas monoxigenases. O caminho na detoxificação começaria com a hidrólise e oxidação, para após ser conjugado por alguma enzima do complexo GST (Glutathione S-Transferase), transformando assim o herbicida em um composto menos tóxico, de menor mobilidade dentro da planta e inativo para o sítio de ação. Em anos recentes aumentou o conhecimento e a importância do citocromo P450 monoxigenase, e se conhece que para dar origem à reação é preciso oxigênio molecular e NADPH. Para dar início à reação de conjugação com a GST no citosol da célula tem que ocorrer previamente uma oxidação ou hidrólise. A maioria das reações de detoxificação ocorre nos compartimentos de citosol e vacúolo.

Os complexos enzimáticos GST e o citocromo P450 são responsáveis pela detoxificação da maioria dos herbicidas na maioria das plantas e de outros compostos xenobióticos, elas produzem conjugados solúveis de menor toxicidade. Diferentes tipos das enzimas podem ser identificados em diferentes tecidos com diferentes idades. O que indicaria que as respostas de detoxificação nas plantas não se expressam em todo ciclo (HESS e WELLER, 2000).

Na Fase 2 os compostos mais hidrofílicos resultantes da Fase I são conjugados com outras moléculas hidrofílicas. A conjugação é efetuada por glicolidação (a glicose se fixa quimicamente a grupamentos amina de proteínas). A seletividade de muitos herbicidas é baseada na ocorrência de substratos específicos da enzima GSTs em plantas agrícolas, e a ausência dessas iso-enzimas nas infestantes. A utilização de herbicidas seguros induz a formação de GSTs específicas para determinado composto

Na Fase 3 o produto resultante da fase II é “aprisionado” (conjugados GS) no vacúolo ou na parede celular, recorrendo a enzimas – bombas de glutathione, para impedir que ocorra a inibição das enzimas glutathione-S-transferases e glutathione redutases; os próprios compostos conjugados GS podem ser tóxicos para a planta. As bombas GS-X transportam os conjugados GS para o vacúolo.

Cataneo (2001) relatou que o interesse nas GSTs tem se focado sobre o milho, pelo fato de que os herbicidas seletivos amplamente usados na cultura, tais como, metolachlor, alachlor e atrazine são desintoxicados por conjugação com GSH. A mesma pesquisadora ainda comentou que vários trabalhos indicam que, frequentemente, o princípio determinante da seletividade do herbicida nas plantas é a capacidade para sua metabolização e, deste modo, desintoxicar esta substância. Em plantas cereais e plantas daninhas resistentes, as glutathione S-transferases são frequentemente consideradas como cruciais para a desintoxicação metabólica dos herbicidas (HATTON et al., 1996; CUMMINS et al., 1997).

4.4 Herbicidas Inibidores de fotossistema II

No Brasil, vários grupos químicos de herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar inibem o fluxo de elétrons no FSII, como alguns exemplos temos os herbicidas pertencentes ao grupo das triazinas (atrazina, ametrina), das triazinonas (hexazinona e metribuzin), das triazolinonas (amicarbazone) e das uréias (diuron e tebuthiuron) (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

Segundo Franconere (2010), em áreas de produção de cana-de-açúcar no ano de 2009, cerca de 46% das áreas foram tratadas com herbicida cujo seu mecanismo de ação é devido a inibição do fotossistema II (FSII).

O desempenho do FSII e consequentemente a capacidade de conversão da energia luminosa em carboidratos pode ser alterada por uma série de estresses, como por exemplo temperatura, luminosidade, além de algumas substâncias específicas inibidoras do FSII, como é o caso de alguns herbicidas como os citados anteriormente, sendo assim o funcionamento do FSII é um indicador muito sensível do estresse em plantas (BALL et al., 1995; DAYAN e ZACCARO, 2012).

Os produtos finais do transporte de elétrons da fotossíntese nos tilacóides são compostos de alta energia ATP e NADPH, utilizados para síntese de açúcares nas reações de fixação do carbono no estroma do cloroplasto. Esses fotoassimilados, produzidos na fotossíntese, são direcionados para o crescimento das plantas, sendo a sua partição, principalmente para os órgãos reprodutivos, um fator determinante da produtividade (BACARIN e MOSQUIM, 2002).

Estes herbicidas atuam como análogos as plastoquinonas, competindo com as próprias plastoquinonas para se ligarem a proteína D1 do FSII no sítio de ligação QB (FUERST e NORMAN, 1991; HESS, 2000; POWLES e YU, 2010). Consequentemente o transporte de elétrons é inibido, pois embora a QA (Quinona A) esteja reduzida mediante a iluminação, esta não pode ser oxidada pela plastoquinona QB (Quinona B), pois o sítio de ligação está ocupado pelo herbicida (JONES, 2005). Por fim, resulta na paralização de produção de NADPH e ATP e interrompe a fixação de carbono, levando a inanição de carboidratos e ao estresse oxidativo (POWLES e YU, 2010).

Embora todos os herbicidas inibidores do FSII competem com as plastoquinonas para a ligação do sítio QB, cada herbicida pode apresentar sua orientação específica dentro do sítio de ligação, podendo com isso, se ligar de forma diferente na proteína D1 (PEREZ-JONES et al., 2009), pois o elemento essencial de um grupo de herbicidas pode não se ligar ao mesmo aminoácido, como o de outro grupo (, 1991; PEREZ-JONES et al., 2009).

Segundo Trebst (2008), de todos os grupos químicos dos herbicidas inibidores do FSII, o grupo das triazinas é o mais estudado e conhecido, fato observado a partir de 1950 quando o atrazina passou a ser amplamente utilizado em cultivos de milho, e principalmente após 1970 com o relato do primeiro caso de resistência de plantas daninhas a herbicida, a partir desta constatação, foi identificado a proteína D1 e também o sítio de ligação do herbicida a proteína D1.

Dentre alguns dos herbicidas mais importantes para a cultura da cana-de-açúcar destacam-se os herbicidas amicarbazone, tebuthiuron, diuron e hexazinona, os quais apresentam como mecanismo de ação a inibição do fotossistema II.

O amicarbazone 1H – 1,2,4 – triazole – 1 – carboxamida, 4 amino – N – (1,1 – dimethyl- ethyl- 4,5 – dihydro – 3- (1 – methylethyl) – 5 – oxo, é um herbicida de grande espectro e que controla as principais plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar mono e dicotiledôneas, sendo absorvido pelo sistema radicular e pelas folhas. É aplicado em pré-emergência e pós-emergência inicial com meia vida que varia de 90 a 180 dias dependendo das peculiaridades da área na qual é utilizado. Tem como características principais a elevada solubilidade em água (4600 mg L^{-1} à 25°C e $\text{pH} = 4$ a 9) e baixa a moderada capacidade de adsorção (K_{oc} de 23 a 37), o que leva a ser considerado um produto com alta mobilidade no solo. É um herbicida não volátil, pois apresenta pressão de vapor de $0,975 \times 10^{-8} \text{ mm Hg}$ ($1,3 \times 10^{-6} \text{ Pa}$) à temperatura de 20°C , com densidade $1,12 \text{ g/ml}^{-1}$ e $\log K_{ow}$ 1,23 ($\text{pH } 7,0$). Deste modo, o mecanismo de degradação inicial é a atividade microbiana e fotodegradação (TOLEDO et al, 2009; RODRIGUES e ALMEIDA, 2011)

O tebuthiuron 1-(5-tert-butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea pertence ao grupo químico dos derivados da ureia, portanto, age no fotossistema II, atuando na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, principalmente no transporte de elétrons. O produto possui amplo espectro de controle de diversas espécies, devendo ser aplicado em pré-emergência das plantas daninhas anuais, com doses que variam de $1,6$ a $2,4 \text{ L ha}^{-1}$ em função das características físicas do solo. As principais características do ingrediente ativo são a solubilidade em água de 2500 ml L^{-1} a 20°C , pressão de vapor de $0,27 \text{ mPa}$ a 25°C , K_{oc} é 80 mg L^{-1} e seu K_{ow} é de 671. A degradação é ocorre principalmente de forma microbiana, sendo que as perdas por fotodecomposição e volatilização são insignificantes (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

Quanto à persistência da dose recomendada no solo, sabe-se que a meia-vida deste herbicida é entre 12 a 15 meses. Seu comportamento na planta é iniciado por absorção radicular translocado exclusivamente via xilema e a metabolização dessa molécula é principalmente por demetilação e hidroxilação da mesma (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

O diuron + hexazinona é uma mistura formulada muito utilizada no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar na atualidade, provendo um incremento no controle por possuírem características divergentes porém pertencendo ao

mesmo mecanismo de ação. O diuron possui maior eficiência sobre as latifoliadas e o hexazinona controla principalmente as gramíneas.

O diuron 3 – (3,4 – dichlorophenyl)- 1,1- dimethylurea, pertence ao grupo dos derivados da ureia e tem o comportamento altamente dependente das características dos solos, sendo pouco móvel quando adsorvido aos coloides e à matéria orgânica (DIAS et al., 2003), em decorrência da sua baixa solubilidade em água (42 mg L^{-1}), baixa pressão de vapor ($6,9 \times 10^{-8}$), alta capacidade de adsorção à fração orgânica do solo ($K_{oc} = 480$) e com meia-vida de aproximadamente 50 dias. Sua absorção é principalmente radicular com menor intensidade nas folhas, transloca via xilema, e tem sua seletividade baseada no metabolismo diferencial via N- demetilação (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

O hexazinona 3-cyclohexyl-6-dimethylamino-1-methyl-1,3,5-triazine-2,4(1H,3H)-dione, pertence à classe das triazinonas sendo registrado para o controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência inicial na cultura da cana-de-açúcar. Em solos com maior teor de argila e de matéria orgânica, apresenta dessorção intensa em relação à sorção, sendo comum a presença deste produto na solução do solo estando passível de lixiviação, devido a sua alta solubilidade 33000 mg L^{-1} (25°C), não volátil, com K_{oc} médio 54 ml/g , suscetível a degradação por microorganismos e fotodegradação, sua absorção ocorre pelo sistema radicular e foliar, porém quando absorvido via foliar é pouco translocado para outras partes da planta, sendo seu principal carreador o xilema. Quando metabolizado é convertido a diversos metabólitos hidroxilados e demetilados não tóxicos a planta (ARSEGO, 2009; RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

4.5 Taxa de transporte de elétrons (ETR)

A análise cinética da fluorescência oferece muitas vantagens como instrumento qualitativo para o estudo do transporte de elétrons durante a fotossíntese, visto que o processo de obtenção de medidas da fluorescência da clorofila é rápido, específico e não destrutivo (MOHANTY e GOVINDJEE, 1974). Com o fluorômetro é possível registrar o comportamento da fase inicial da fotossíntese, que é o transporte de elétrons no PSII, sendo este o sítio de ação dos herbicidas utilizados no presente trabalho.

A fonte de luz utilizada para medir a fluorescência no aparelho Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p Opti-Sciences é a fonte diodo com pico de luz vermelha no comprimento de onda de 660 nm sendo bloqueada radiações maiores que 690

nm. A intensidade média da luz é ajustada para o intervalo de 0 a 1 $\mu\text{Mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, com o uso da lâmpada halogênica 35 W.

A taxa de transporte de elétrons no fotossistema II é uma medida da separação de cargas do centro de reação do FSII. Na equação são usados valores-padrão, porém ambos os coeficientes de absorção e fração da luz absorvida pelo FSII podem ser trocados. Embora 0,84 seja um valor médio para muitas espécies de plantas, trabalhos tem mostrado que o coeficiente de absorção da folha pode variar com a qualidade da luz, e espécie, conteúdo de clorofila e refletância da folha (ARALDI et al., 2011).

A ETR (taxa de transporte de elétrons) permite detectar o efeito da atuação do herbicida em nível de concentração de 0,5 micromoles dm^{-3} , já o método tradicional, que inclui a medição do parâmetro F_v/F_m , permite detectar apenas em um nível de concentração, que é 100 vezes maior (KORRES et al., 2003; ABBASPOOR et al., 2006).

Em plantas sob condições de estresse, a menor eficiência fotossintética pode ser causada pela menor dissipação de energia através do transporte de elétrons, ocasionando um declínio na eficiência quântica do PSII e na taxa de transporte de elétrons (ETR), sendo às vezes associados ao aumento na extinção não-fotoquímica da fluorescência e no “pool” de zeaxantina (HAVAUX e NIYOGI, 1999; OSMOND, 1994).

Quando o transporte de elétrons é bloqueado, com destaque para ação de herbicidas, um incremento proporcional na energia excitada absorvida é reemitida como fluorescência. Miles e Daniels (1973) detectaram trocas na fluorescência de folhas resultante da inibição do transporte de elétrons por muitos herbicidas, caso de amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona.

O princípio da análise de fluorescência da clorofila é relativamente simples. No aparato fotossintético, quando a energia radiante do sol é interceptada pelas folhas, uma porção é refletida, outra é transmitida através da folha, e por fim, outra parte é absorvida pela folha (RITCHIE, 2006). São as moléculas de clorofila da folha que absorvem esta energia de excitação, sendo que esta energia poderá tomar três destinos diferentes, a fim de evitar danos devido o excesso de energia, ou seja, a energia absorvida é utilizada ou então dissipada de alguma forma (RITCHIE, 2006).

A primeira forma se refere ao processo em que a energia luminosa absorvida é convertida em energia química que será usada posteriormente na condução da fotossíntese (fase fotoquímica). Porém, normalmente a capacidade da planta em utilizar toda esta energia é inferior a quantidade absorvida, assim, o excesso de energia absorvida é

dissipada na forma de calor, e o calor é a segunda forma de dissipação de energia absorvida. Entretanto, o excesso de energia, pode não apenas ser dissipado como calor, como também pode ser dissipado através da fluorescência das moléculas de clorofila, mas em menor proporção. Ambas as formas (calor e fluorescência) são também referidas como energia de dissipação não fotoquímica (RITCHIE, 2006; MAXWELL e JOHNSON, 2000; BAKER, 2008).

A análise das mudanças da fluorescência da clorofila oferece muitas possibilidades não só para determinar o local de inibição do transporte de elétrons pelo herbicida, mas também para relacionar as injúrias do herbicida com taxa de absorção e/ou concentração aplicada. Isso tem uma particularidade desejável com herbicidas pós-emergentes, visto que o desempenho do herbicida pode ser afetado por adjuvantes, condições ambientais, e a idade da folha (RICHARD Jr et al., 1983).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento em casa de vegetação

Os experimentos foram desenvolvidos em casa de vegetação (temperatura média de 28°C e umidade relativa de 70%) no laboratório do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – UNESP, Campus de Botucatu/SP. Para a realização do trabalho foram utilizadas quatro cultivares de cana-de-açúcar sendo elas CTC 4, CTC 9, CTC 17, e RB867515 e para cada uma das cultivares se adotou o esquema fatorial 3 (herbicidas) x 4 (doses). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, e foram testados três herbicidas (amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona) e quatro doses (0 “testemunha”, 50, 100 e 200 % da dose recomendada).

Para condução do experimento foram utilizados vasos de 5 litros preenchidos com solo coletado de uma área experimental pertencente à Fazenda Experimental Lageado (FCA/UNESP) com as características físicas e químicas que estão apresentadas na Tabela 1. Em cada um dos vasos foram plantados dois toletes de cana-de-açúcar.

Tabela 1 Resultados da análise química e física do solo utilizado em casa de vegetação. Botucatu/SP, 2015.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H ⁺ Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ³							
4,9	34	55	1	47	3,0	47	23	72	120	60
Granulometria g kg ⁻¹									Textura do solo	
Areia total g kg ⁻¹				Argila			Silte			
241				566			193		Argilosa	

Após o plantio foi realizada uma adução corretiva em cobertura e de acordo com as necessidades da cultura. Foi utilizado 0,2 L por vaso de uma solução contendo com 1,15 g L⁻¹ de uréia, 3,33 g L⁻¹ de cloreto de potássio e 2,29 g L⁻¹ MAP. O plantio e adubação ocorreram no dia 10 de janeiro de 2014.

Aplicação dos herbicidas foram efetuadas em pós emergência inicial da cana-de-açúcar no dia 15 de março de 2014, as plantas no momento da aplicação se encontravam com média de 40 a 50 cm de altura (Figura 3)

Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um equipamento pulverizador instalado em laboratório (NUPAM), o qual é constituído de uma estrutura metálica com 3 m de altura por 2 m de largura, que permite acoplamento de um “carrinho” suspenso a 2,5 m de altura. A esse carrinho encontram-se duas barras de pulverização, uma responsável pelo sistema de simulação de chuva e a outra pelo sistema de pulverização de defensivos agrícolas, as quais se deslocam por uma área útil de 6 m² no sentido do comprimento do equipamento.

O tracionamento de ambas as barras é realizado por meio de correntes e engrenagens, com auxílio de um motor elétrico, cujo ajuste é dado por um modulador de frequência, permitindo a obtenção de velocidade constante previamente determinada.

A barra de pulverização foi constituída por quatro pontas de pulverização XR 11002 VS, espaçadas entre si em 0,5 m com vazão de 200 L ha⁻¹. O início da aplicação ocorreu às 9:30 h, com umidade relativas de 53 % e temperatura 32,9°C. Os herbicidas e doses utilizadas foram: amicarbazone (Dinamic) 630; 1260; 2520 g i.a ha⁻¹ (900; 1800; 3600 g p.c ha⁻¹); tebuthiuron (Lava 800) 520; 1040; 2080 g i.a ha⁻¹ (650; 1300; 2600 g p.c ha⁻¹) e diuron + hexazinona (Velpar-K) 585 + 165; 1170 + 330; 2340 + 660 g i.a ha⁻¹

¹(1250; 2500; 5000g p.c ha⁻¹). Após a aplicação dos tratamentos os vasos foram acondicionados em casa de vegetação.



Figura 1. Momento da aplicação (A), disposição dos vasos no momento da aplicação (B), acomodação em casa de veetação após aplicação (C). Botucatu/SP, 2015.

5.1.1 Variáveis avaliadas

A taxa de transporte de elétrons no fotossistema II (ETR) foi avaliada aos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15, 17, 21, 24, 27, 30 e 39 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos, com o uso de um fluorômetro portátil Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Science/Hudson, NY, USA) (Figura 2). Nas avaliações a mensuração foi realizada na parte mediana das folhas das plantas de cana-de-açúcar (folhas TVD “Top Visible Dewlap”), sendo realizadas duas leituras por vaso, em horários que variaram entre 10 e 14 horas, devido a presença de nuvens em determinados momentos do dia.



Figura 2 Painel frontal do fluorômetro portátil OS5p. Botucatu/SP, 2015.

Para iluminação e detecção da fluorescência da clorofila das amostras de cana-de-açúcar estudadas no trabalho foi utilizado o protocolo Yield para a mensuração da taxa de transporte de elétrons. Esse protocolo Yield é otimizado para um estado da fotossíntese adaptado a luz porque registra as medidas de quantum efetivo produzido no PSII. Tanto a fonte de luz do sol quanto à luz artificial pode ser usada para dirigir a fotossíntese (ARALDI et al., 2011).

Como o parâmetro ETR determina a taxa de transporte de elétrons fotossintético no PSII, como descrito por SKORSKA e SWARCEWICZ (2005), o uso do valor em ETR permite detectar o efeito da atuação do herbicida em nível de concentração de 0,5 micromoles dm^{-3} , enquanto o método tradicional, que inclui a medição do parâmetro F_v/F_m , permite detectar apenas em um nível de concentração que é 100 vezes maior (VAN OORSCHOT e VAN LEEUWEN, 1992, KORRES et al., 2003, ABBASPOR et al., 2006).

As avaliações visuais de fitointoxicação foram realizadas aos 15, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, levando em conta o parâmetro de notas nas quais “zero” corresponde a nenhuma fitointoxicação causada pelo herbicida na planta e “cem” correspondente a morte da planta, conforme SBCPD (1995). A determinação de altura de plantas foi realizada aos 21 DAA e foi utilizado uma régua graduada para medida do comprimento da planta do solo até a primeira aurícula visível de cada planta.

Aos 39 DAA após a retirados dos discos para mensuração dos pigmentos (20 a 25 discos por planta) as plantas foram cortadas e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, para então pesagem e obtenção dos dados de massa de matéria seca da parte aérea das plantas (Figura 3).



Figura 3. Coleta de discos foliares para posterior análise de teor de clorofila e coleta para determinação de massa de matéria seca de parte aérea, aos 39 dias após a aplicação. Botucatu/SP, 2015.

Para determinação do conteúdo de clorofila (*a* e *b*) e carotenoides, aos 39 DAA foram coletados discos de folha das unidades experimentais (30 a 40 discos) que macerados com nitrogênio líquido, posteriormente se retirou uma alíquota 0,2 g⁻¹ do tecido macerado e acondicionados em tubos “falcons” com tampa contendo 10 mL de acetona 80% (v/v) e mantidos no escuro por 30 min sendo posteriormente centrifugados a 3095 G por 15 min para então coleta do sobrenadante. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Cintra 40, GBC, Austrália) nos comprimentos de onda de 663 e 647 nm para clorofilas *a* e *b*, e 470 nm para carotenoides, respectivamente (Figura 4).

As determinações dos níveis de clorofila (mg g⁻¹) basearam-se nas equações relacionadas a seguir, segundo Lichenthaler (1987): Clorofila *a* = (11,25 x A₆₆₃ – 2,79 x A₆₄₇); Clorofila *b* = (21,5 x A₆₄₇ – 5,1 x A₆₆₃); Carotenoides = (1000 x A₄₇₀ – 1,82 x Clorofila *a* – 85,02 x Clorofila *b*)/ 190; em que, A é a absorbância no comprimento de onda indicado.

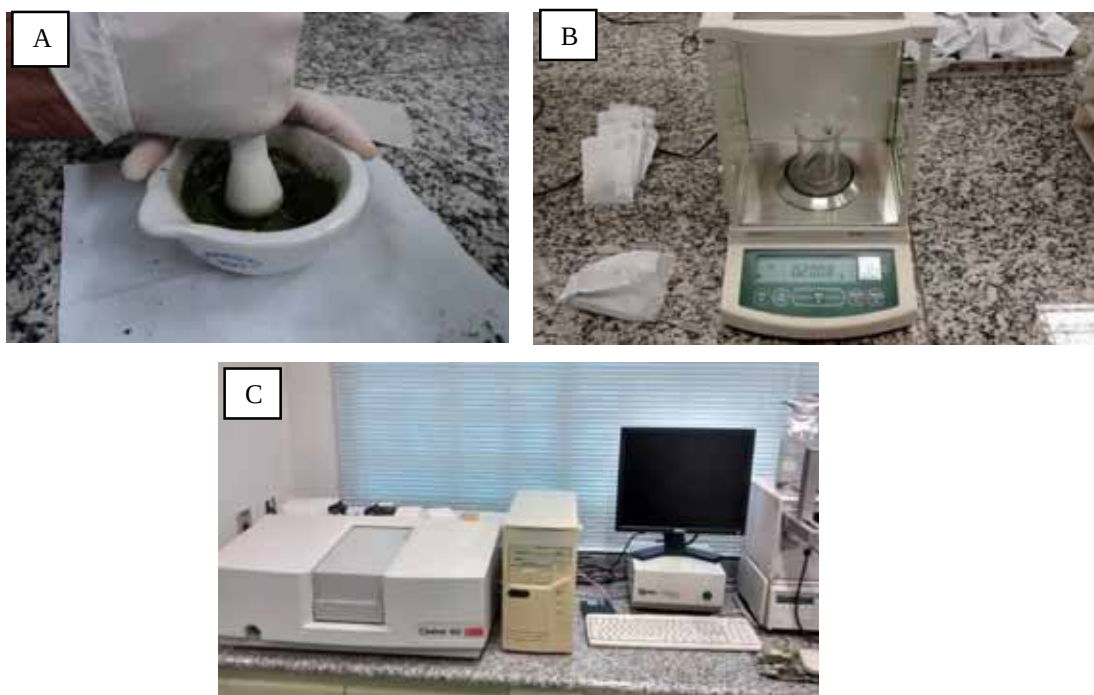


Figura 4. Maceração das amostras com nitrogênio líquido (A), pesagem do material macerado em balança de precisão (B), aparelho utilizado para a leitura das amostras (C). Botucatu/SP, 2015.

5.2.1 Local e características das áreas

Os experimentos foram instalados em uma estação experimental pertencente a Arysta LifeScience localizada no município de Pereiras, Estado de São Paulo, situado na latitude S 23° 08'82", longitude O 47° 57' 30,84" e altitude de 554m. Foram instalados quatro experimentos, em área de cana soca de 4º corte com espaçamento de 1,5 m entre linhas das cultivares CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515.

As características físicas e químicas do solo das áreas experimentais encontram-se descritas nas Tabelas 2 e 3, sendo as amostragens químicas coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 e amostras físicas somente de 0-20. Foi realizada a correção da fertilidade dos solos das áreas experimentais por meio de uma adubação com 150 kg ha⁻¹ de uréia aos 35 dias após o corte da safra anterior.

As condições climáticas durante a condução dos experimentos (outubro de 2013 a outubro de 2104) estão descritas na Figura 5.

Tabela 2. Resultados da análise química dos solos (0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade) das áreas experimentais. Pereiras/SP, 2014.

Área	Profun. (cm)	pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H ⁺ Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
		CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ³							
CTC 4	0-20	5,2	24	30	---	34	9,1	69	20	99	133	74
CTC 4	20-40	5,3	21	36	---	35	7,5	57	18	82	117	70
RB867515	0-20	4,9	20	48	---	46	8,5	52	17	78	123	63
RB867515	20-40	5,1	22	54	---	40	6,9	49	17	72	112	65
CTC 9	0-20	5,1	21	35	---	38	6,1	52	16	75	113	67
CTC 9	20-40	5,2	20	29	---	36	4,9	53	17	75	111	68
CTC 17	0-20	5,3	20	46	---	33	6,6	59	19	84	117	72
CTC 17	20-40	5,4	19	39	---	32	5,6	66	21	93	124	74

Tabela 3. Resultados da análise granulométrica dos solos (0 a 20 cm de profundidade) das áreas utilizadas no experimento. Pereiras/SP, 2014.

Área	Granulometria g kg ⁻¹				Textura do solo
	Areia fina	Areia grossa	Argila	Silte	
CTC 4	38	102	378	482	Argilosa
RB867515	44	98	390	469	Argilosa
CTC 9	44	107	376	472	Argilosa
CTC 17	40	102	398	460	Argilosa

5.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis repetições, sendo cada parcela representada por três linhas de cana-de-açúcar de 7,5m de comprimento e 1,5m de espaçamento entre linhas, que resultaram em parcelas com área útil de 11,25 m², em todos os experimentos.

Em todas as cultivares estudadas os tratamentos foram amicarbazone (Dinamic) 1260 g i.a ha⁻¹ (1800 g p.c ha⁻¹), tebuthiuron (Lava 800) 1040 g i.a ha⁻¹ (1300 g p.c ha⁻¹), diuron + hexazinona (Velpar-K) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (2500 g p.c ha⁻¹), aplicados em pós emergência inicial da cultura com 25 a 30 cm de altura.

O equipamento utilizado na aplicação dos tratamentos foi um pulverizador costal a pressão constante de CO₂ a 36 lb pol⁻², equipado com barra de aplicação com três pontas de pulverização Teejet 110.02 VK. Utilizou-se um volume de calda de aplicação de 200 L ha⁻¹. O espaçamento entre pontas na barra de aplicação foi de 0,50m.

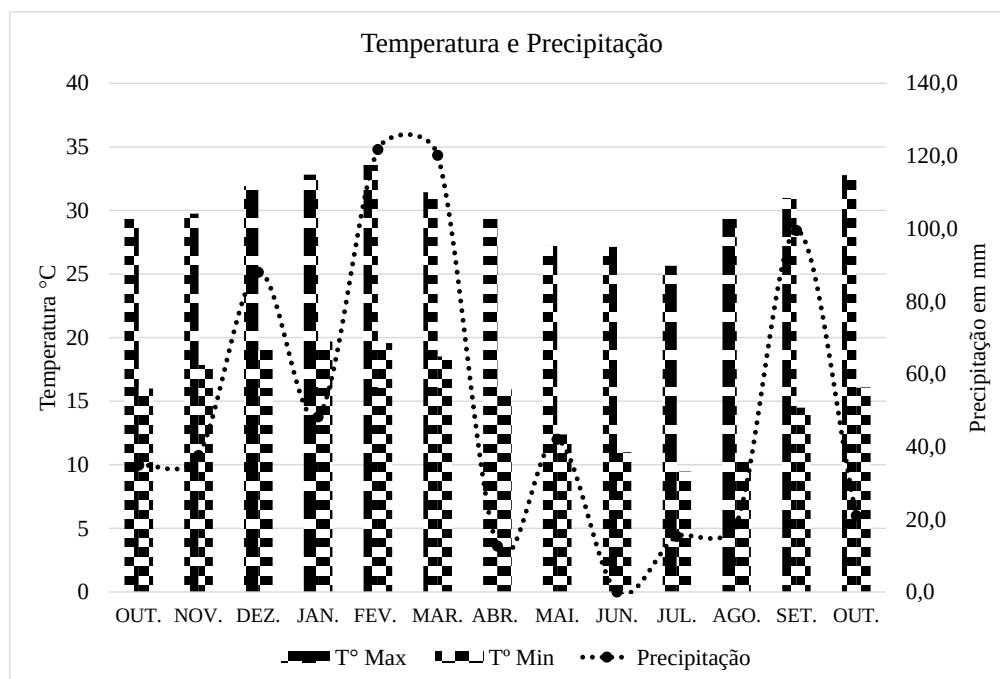


Figura 5. Precipitação (mm), e temperaturas mínimas e máximas (°C) durante a condução do experimento. Pereiras/SP, 2015.

As aplicações foram realizadas no dia 20 de novembro de 2013 e ocorreram em dois períodos do dia, sendo a primeira aplicação dos herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona efetuadas no período da manhã com início às 09h:15min e termino às 10h:50min com temperatura do ar de 27,6° e 39,5°C, ventos oscilando de 5 a 8 km h⁻¹ e umidade relativa do ar entre 62 e 54% (hora inicial e final de aplicação especificamente). A aplicação do tratamento com o herbicida tebuthiuron foi realizada no período da tarde entre as 13h:15min e 14h:00min e a temperatura encontrava-se entre 40° e 39°C, com ventos oscilando entre 7,5 e 8 km h⁻¹, a umidade relativa do ar entre 34,9 e 35% (hora inicial e final de aplicação especificamente) (Figura 6).



Figura 6. Aplicação dos tratamentos nos experimentos de campo. Pereiras/SP, 2015.

5.2.3 Variáveis avaliadas

A ETR foi monitorada aos 1, 7, 14, 30, 49, 65 e 132 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas, com o uso de um fluorômetro portátil Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (operado nas mesmas condições descritas anteriormente). A mensuração da ETR foi realizada na parte mediana das folhas das plantas de cana-de-açúcar (folhas TVD “Top Visible Dewlap”), sendo realizadas seis leituras por parcela e todas as leituras foram realizadas no período da manhã entre 8:00 e 11:00 horas (Figura 7).



Figura 7. Mensuração da taxa de transporte de elétrons (ETR). Pereiras/SP, 2014.

A determinação do número de perfilhos foi realizada aos 68, 189 e 325 DAA em dois metros lineares de cada parcela, demarcados com o auxílio de uma trena e com fitas permanentes para posteriores contagens no mesmo local.

Aos 189 e 325 DAA foram obtidos os dados de altura de colmos, sendo utilizadas fitas métricas de cinco metros de comprimento. Foram amostrados 20 colmos por parcela, sendo a fita métrica utilizada de forma a acompanhar as curvas apresentadas pelas plantas do solo até a primeira aurícula visível. Para a medição de diâmetro de colmos, que foi realizada aos 325 DAA, foi utilizado um paquímetro e a medição foi realizada na região mediana dos colmos, mais especificamente no terceiro nó dos mesmos colmos que foram avaliados altura e coletado para a posterior análise tecnológica (Figura 8).



Figura 8. Medição de altura de colmos aos 128 DAA, medição de diâmetro de colmos, altura de plantas. Botucatu/SP, 2015.

Para determinação do conteúdo de clorofila (*a* e *b*) e carotenoides, foram coletadas 10 folhas por parcelas aos 30, 65 e 189 DAA e das folhas foram extraídos discos homogêneos de todas as folhas, os quais foram macerados com nitrogênio líquido. Em seguida foram pesados 0,2 g do tecido macerado e acondicionados em tubos “falcons” com tampa contendo 10 mL de acetona 80% (v/v) e mantidos no escuro por 30 min e posteriormente centrifugados a 3095 G por 15 min para a coleta do sobrenadante. As leituras

foram realizadas em um espectrofotômetro (Cintra 40, GBC, Austrália) nos comprimentos de onda de 663 e 647 nm para clorofilas *a* e *b*, respectivamente e 470 nm para carotenoides, (Figura 4). As determinações dos níveis de clorofila (mg g^{-1}) basearam-se nas equações já descritas anteriormente, segundo Lichenthaler (1987).

Para a estimativa de produção, no momento da colheita foram colhidos dois metros lineares de cada parcela manualmente, pesados com o auxílio de balança (Toledo, Modelo 2098, Brasil) acoplada a um trator (Figura 9). A partir da pesagem foi estimada a produtividade em toneladas por hectare. Destes dois metros colhidos foram retirados 20 colmos aleatoriamente, que após medidos conforme descritos anteriormente foram enviados ao laboratório de análise tecnológica (Associação dos Fornecedores de Cana-de-Açúcar de Piracicaba - AFOCAPI) para então determinação do teor de sólidos solúveis, por cento em peso de caldo (Brix), bolo peso bruto do bagaço (bolo), fibra da cana-de-açúcar (fibra), pol da cana-de-açúcar (POL), pureza (Pza) e teor de açúcar total recuperado (ATR) (Figura 9).



Figura 9. Seleção de colmos para estrapolação de produtividade e análises tecnológicas. Botucatu/SP, 2015

5.3. Análise dos dados

Os valores da ETR foram expressos em porcentagem do valor médio da ETR da testemunha sem aplicação de herbicidas e foram estabelecidos os intervalos de confiança (I.C) dos dados pelo teste *t* a 10% de probabilidade. Para determinar o intervalo de confiança, foi utilizado a seguinte expressão:

$$I. C. = \frac{(t. \text{devpad})}{\sqrt{nr}}$$

Em que: IC = intervalo de confiança; t = valor de t tabelado, ao nível de 10 % de probabilidade; desvpad = desvio padrão; $\sqrt{nr}$ = raiz quadrada do número de repetições.

Os resultados dos demais parâmetros avaliados em casa de vegetação e em campo foram analisados pelo teste F e médias comparadas por teste t a 10% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento em casa de vegetação

6.1.1 Taxa de transporte de elétrons (ETR)

A análise de mudanças na fluorescência da clorofila, detectada pelo fluorômetro, oferece muitas possibilidades não só para determinar a inibição do transporte de elétrons pelo herbicida, mas também para relacionar essas injúrias com a taxa de absorção do herbicida e/ou concentração aplicada (RICHARD Jr et al., 1983).

Os herbicidas inibidores do fotossistema II (FSII) (amicarbazone, ametrina, hexazinona e diuron+hexazinona, diuron, tebuthiuron) são conhecidos por atuarem como análogos a plastoquinona, pois ocupam o sítio de ligação da plastoquinona na proteína D1 no FSII, e ocasionam o bloqueio do transporte de elétrons, o que impede a produção de NADPH e ATP. Conjuntamente ao bloqueio, uma série de reações são desencadeadas o que promove a peroxidação dos lipídios das membranas celulares, o que leva a morte da planta (FUERST e NORMAN, 1991; PEREZ-JONES et al., 2009).

Verificou-se a diminuição da taxa de transporte de elétrons (ETR) em relação à testemunha no primeiro dia após a aplicação do herbicida amicarbazone em todas as doses e cultivares testadas, em que as duas maiores doses causaram as maiores reduções da ETR das plantas aos 4 DAA. Pode-se observar uma gradativa recuperação das plantas nos períodos posteriores (entre 4 e 7 DAA) que variou de acordo com a cultivar estudada até apresentar uma recuperação em torno de 70% a 80% aos 39 DAA para todas as cultivares na menor dose (Figuras 10).

Para a cultivar RB867515, observa-se maior diferença entre os valores da ETR para as diferentes doses testadas em relação às cultivares CTC 4, CTC 9 e CTC 17. Para essa cultivar RB867515 as duas menores doses promoveram reduções de ETR bem menos significativas, o que indica maior tolerância desta cultivar em relação às demais cultivares nas doses recomendadas ou inferiores à recomendada (Figuras 10).

Segundo Araldi et al., (2011), a seletividade de amicarbazone em diferentes cultivares de cana-de-açúcar, é refletida no comportamento da ETR, o que é justificado pela quantidade de amicarbazone absorvida, visto que em cultivares mais sensíveis ocorreram a maior absorção do herbicida e, desta forma se satura o processo de detoxicação das plantas.

De acordo com Girotto et al., (2010), o herbicida atrazine aplicado em cana-de-açúcar proporcionou pequena e significativa redução da ETR na ordem de 15% em relação a plantas não tratadas no intervalo de uma hora após aplicação, entretanto, as plantas foram se recuperando gradativamente com 1 DAA e atingindo aos 4 DAA com recuperação de 100%.

Em estudo realizado por Dayan et al. (2009), quando monitorando em plantas de milho submetidas a aplicação de amicarbazone e atrazine, a ETR manteve redução de aproximadamente 70% e 30%, da ETR com 24 horas após a aplicação, em relação a testemunha, de amicarbazone e atrazine, respectivamente. Sendo assim o milho foi mais tolerante a atrazine do que ao amicarbazone nas condições estudadas.

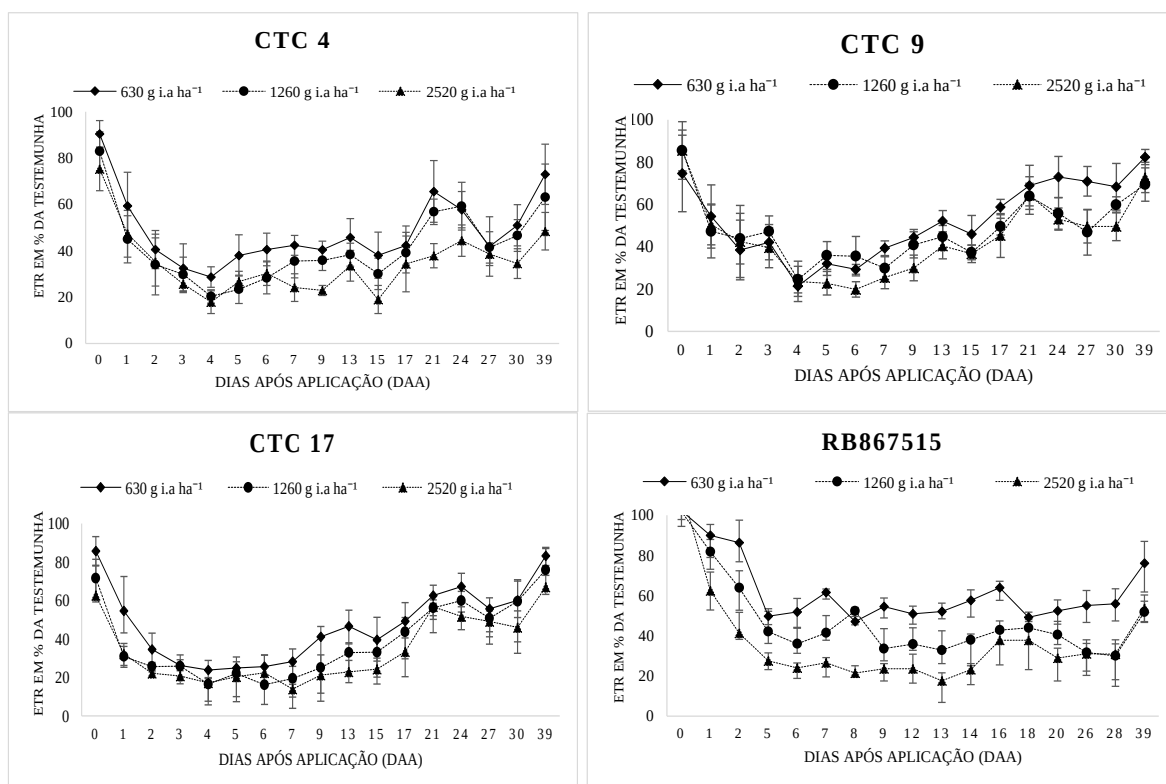


Figura 10. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida amicarbazone em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.

As diferentes doses do herbicida tebuthiuron reduziram a taxa de transporte de elétrons (ETR) nas quatro cultivares entre o 1º e 4º DAA, no entanto, não sendo reduções severas quando comparadas com os demais herbicidas testados. Em média após os 5 DAA as leituras realizadas se estabilizaram em relação a dose “zero” nas cultivares CTC 4, CTC 9 e CTC 17. Na cultivar RB867515 as reduções da ETR foram menos significativas, especialmente nos primeiros dias após a aplicação do herbicida (Figuras 11).

Giotto et al., (2011) avaliando ETR na cultivar SP803280 submetidas a aplicação de tebuthiuron e atazine em pré-emergência, observaram que o tebuthiuron aos 16 DAA apresentou maior redução da ETR em comparação com o atrazine. Com 17 DAA o tebuthiuron manteve a inibição da ETR em relação ao atrazine e se comportou da mesma forma aos 19 e 25 DAA, entretanto aos 30 DAA ocorreu a recuperação da plantas cultivadas em solos tratados com o tebuthiuron.

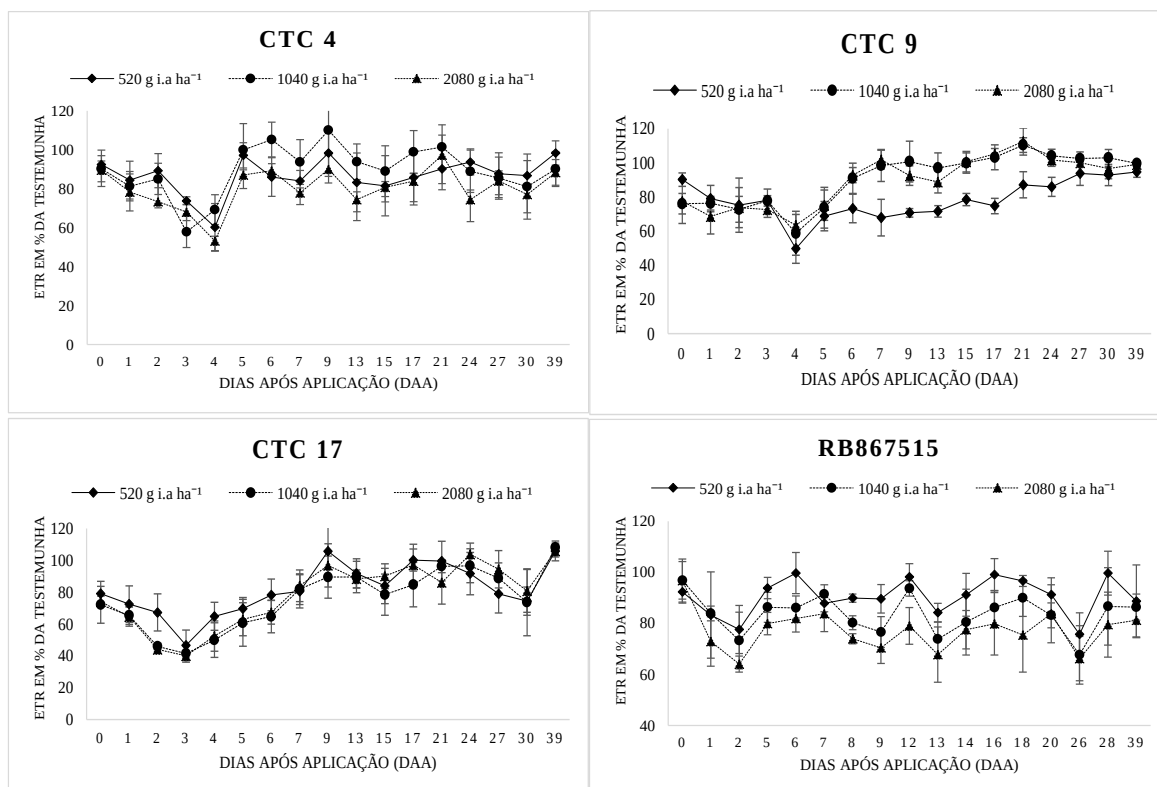


Figura 11. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida tebuthiuron em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.

Para o herbicida diuron + hexazinona observou-se redução mais acentuada na ETR entre 1 e 4 DAA atingindo níveis próximos de zero em todas as doses e cultivares testadas logo após a aplicação (Figura 12). Após os 5 DAA quando se iniciou a recuperação das plantas, o efeito das diferentes doses aplicadas foi mais evidente, sendo a recuperação acompanhada de acordo com o aumento da dose nas cultivares CTC 4, CTC 9 e CTC 17. Já para cultivar RB867515 as recuperações não foram observadas de forma acentuada com destaque para a dose $2340 + 660 \text{ g i.a ha}^{-1}$ que se manteve em níveis abaixo das demais durante praticamente todo o período de avaliação.

Tal comportamento do herbicida diuron + hexazinona, deve-se ao fato de que os dois herbicidas são inibidores do FS II, os quais atuam em sítios diferentes na quinona b (Qb), e assim, não competem pelos sítios disponíveis e potencializam seus efeitos fitotóxicos à cultura (OLIVEIRA JR, 2011).

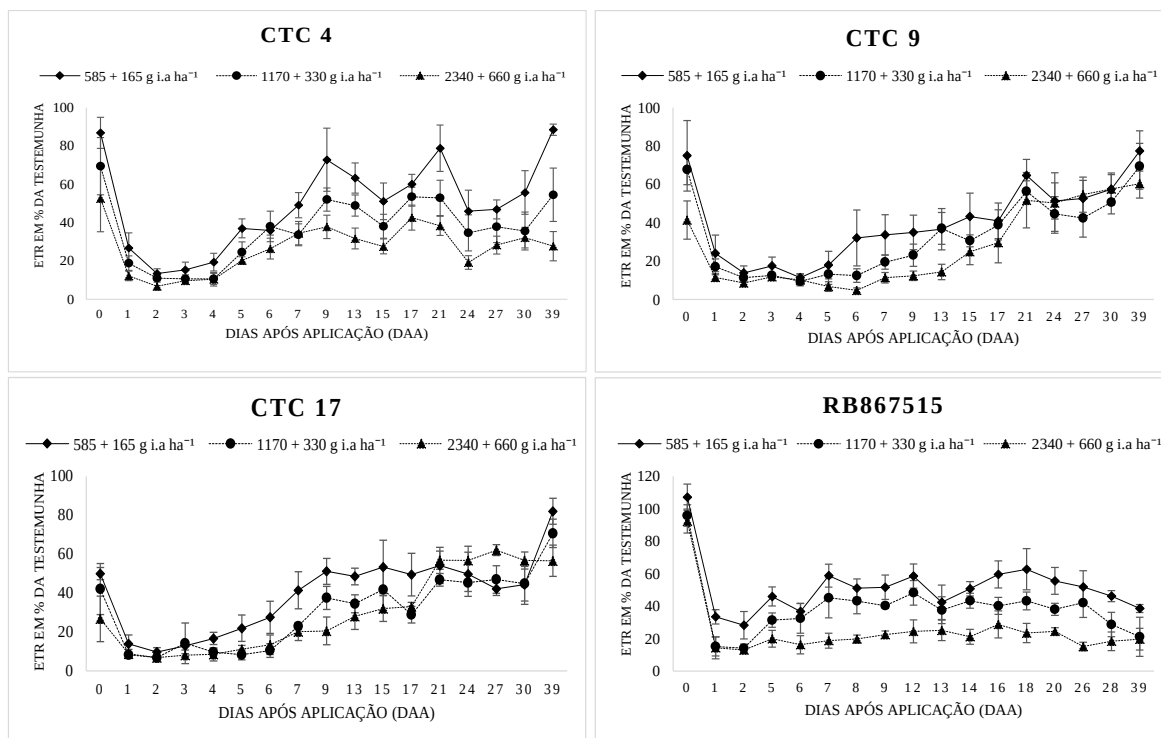


Figura 12. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar (CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515) após aplicação de diferentes doses do herbicida diuron + hexazinona em casa de vegetação. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Botucatu/SP, 2015.

Para as cultivares utilizadas nesse estudo, quando observamos somente a ETR, verificou-se que o herbicida tebuthiuron ocasionou menor queda da ETR, seguido pelo amicarbazone com comportamento intermediário e o diuron + hexazinona se mostrando como herbicidas que mais afetou a ETR em relação a testemunha. Quando observado somente diuron+hexazinona pode-se verificar que nas primeiras avaliações após a aplicação detectou-se acentuada queda da ETR, principalmente na cultivar CTC 17, onde em todas as doses ao 0 DAA foi inferior a 60% e com recuperação mais lenta quando comparada ao amicarbazone que foi o herbicida com comportamento mais próximo ao mesmo.

Torres et al., (2012), em estudos com a cultivar RB867515 submetida a aplicação dos herbicidas sulfentrazone, tebuthiuron e clomazone, verificaram menor taxa transpiratória em comparação com a testemunha sem herbicida e quando aplicado o herbicida diuron + hexazinona não observaram queda na taxa transpiratória da cultivar estudada.

Segundo Velini et al., (2000), a mistura dos herbicidas oxyfluorfen e ametryn aplicados em dez cultivares de cana-de-açúcar não causou efeitos negativos de produtividade e qualidade de matéria prima do colmo sobre as cultivares utilizadas. Já Souza

et al., (2009) também em estudos com tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência na soqueira da cultura, detectaram uma pequena redução na taxa de transporte de elétrons na fase inicial da cultura, porém não suficiente para prejudicar a altura, estande e qualidade de matéria prima das diferentes cultivares estudadas.

Essas intoxicações, são ligadas as características das cultivares e dos herbicidas utilizados, e se posicionados de forma errônea além de afetar a fotossíntese em sua fase inicial (transporte de elétrons), pode afetar também a produtividade e qualidade da matéria prima da cana-de-açúcar (VELINI et al., 2000).

Em trabalho executado por Skórska e Murkowski (2009) com aplicação isolada do herbicida chlortoluron em plantas de aveia selvagem (*Avena fatua*) e cultivadas (*Avena sativa*), observaram diminuição considerável na taxa de transporte de elétrons nas folhas de aveia selvagem com 26% do valor de ETR quando comparadas com a testemunha, enquanto na aveia cultivada não houve alteração na capacidade de transporte de elétrons no fotossistema II.

6.1.2 Alturas de plantas

Os resultados referentes altura das plantas para as cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515 em função dos herbicidas e das doses a que foram submetidas. É possível observar que todos os tratamentos herbicidas para todas as cultivares se diferenciaram significativamente. Para o fator dose somente a cultivar CTC 9 não foi significativo. Já na interação entre herbicida e dose, duas das quatro cultivares não apresentaram efeito significativo (CTC 9 e CTC 17) (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

O herbicida amicarbazone causou redução na altura das plantas na cultivar CTC 4 em todas as doses testadas (Tabela 4). Para o herbicida tebuthiuron, somente a dose de 2080g i.a ha⁻¹ ocasionou dano, com diminuição da altura das plantas e para o diuron + hexazinona as doses de 1170g + 330g i.a ha⁻¹ (100%) e 2340g + 660g i.a ha⁻¹ (200%) causaram redução da altura das plantas.

Ao analisar somente o desempenho dos herbicidas dentro de cada dose empregada, observou-se que o herbicida amicarbazone na dose de 630 g i.a ha⁻¹ (50% da dose recomendada) se diferenciou com médias de altura inferiores quando comparado com tebuthiuron e diuron + hexazinona para a CTC 4 (Tabela 4). O herbicida tebuthiuron

não causou redução de altura das plantas na dose de 1040 g i.a ha⁻¹ (dose recomendada) quando comparado ao amicarbazone e diuron + hexazinona também nas doses recomendadas (100%). Nas maiores doses todos os herbicidas causaram redução na altura das plantas.

Segundo Ferreira et al., (2010), trabalhando com a cultivar CTC 4, quando aplicado tebuthiuron (1200 g i.a ha⁻¹) e diuron + hexazinona (1170 + 330 g i.a ha⁻¹) verificaram em relação a testemunha valores de 95,05 e 47,7 %, respectivamente, na diferença de altura de plantas.

Tabela 4. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 4 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

CTC 4				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
Amicarbazone	19 Aa	15,05 Bb	14,90 Bb	14,3 Ab
Tebuthiuron	19 Aa	19,05 Aa	20,70 Aa	14,1 Ab
diuron + hexazinona	19Aa	19,05 Aab	16,80 Bb	15,6 Ab
F Herbicida		7,248**		
F Dose		12,093**		
F Herb * Dose		3,184**		
DMS		2,12		
CV		11,71%		

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para a cultivar CTC 9 houve somente diferença quando as médias foram comparadas entre os herbicidas nas doses 100 e 200% da dose recomendada de cada um deles (Tabela 5). Nas doses de 100% e 200% o herbicida tebuthiuron apresentou as maiores alturas das plantas e sem redução em relação a testemunha, já os herbicidas amicarbazone e do diuron + hexazinona causaram redução na altura das plantas dessa cultivar.

Para os dados referentes à altura de plantas da cultivar CTC 17 pode-se observar o melhor comportamento do tebuthiuron em todas as doses utilizadas (Tabela 6). Também é possível analisar que para a presente cultivar a dose 2340 + 660 g i.a ha⁻¹ (200%) do herbicida diuron + hexazinona foi a que mais comprometeu o desenvolvimento da planta em altura.

Tabela 5. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 9 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

CTC 9				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
Amicarbazone	21	19,8	19,3B	18,3 B
Tebuthiuron	21	22,55	24,05A	25,4 A
diuron + hexazinona	21	19,8	19,9B	17,1 B
F Herbicida		6,360**		
F Dose		0,140 ^{ns}		
F Herb * Dose		1,237 ^{ns}		
DMS		4,04		
CV		18,38%		

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹);Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Tabela 6. Altura das plantas (cm) da cultivar CTC 17 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

CTC 17				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	20 Aa	17,42 Bab	17,1 Bab	16,3 Bb
tebuthiuron	20 Aa	20,8 Aa	22,37 Aa	19,75 Aa
diuron + hexazinona	20 Aa	18,52 ABa	18,35 Ba	12,7 Cb
F Herbicida		6,946**		
F Dose		4,062**		
F Herb * Dose		1,581 ^{ns}		
DMS		3,31		
CV		16,91%		

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹);Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para a cultivar RB867515, observou uma diminuição na altura das plantas proporcional ao aumento das doses dos herbicidas amicarbazone e diuron+hexazinona (Tabela 7). Já para o herbicida tebuthiuron os efeitos foram contrários com a maior dose se equiparando a testemunha e as doses de 1040 gi.a ha⁻¹ (100%) e 2080 g i.a ha⁻¹ (200%) sendo maiores até que a testemunha que não recebeu o tratamento herbicida.

Ferreira et al., (2005), ao estudarem quinze cultivares de cana-de-açúcar submetidos a aplicação de trifloxysulfuron-sodium + ametryn, obtiveram dados de tolerância da cultivar RB867515 a mistura herbicida utilizada, não havendo diferença de altura entre os tratamentos e testemunhas. Porém, a cultivar RB855113 com o mesmo herbicida utilizado houve queda de altura em torno de 70% quando comparado com a testemunha.

Segundo Souza et al., (2009), as cultivares IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, RB72454 e IAC86-2480 submetidas a aplicações de diuron + hexazinona, metribuzin, tubuthiuron e amicarbazone, não mostraram diferença de altura de plantas aos 30 DAA quando comparado os herbicidas utilizados dentro de cada cultivar.

Em estudos com a cultivar RB867515 o herbicida diuron + hexazinona ocasionou acentuada redução de altura chegando a 56% de redução quando comparado a testemunha, e o herbicida tebuthiuron obteve resultados muito similares a testemunha com 2,5% de redução (SILVA et al., 2010).

Tabela 7. Altura das plantas (cm) da cultivar RB867515 de cana-de-açúcar aos 28 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

RB867515				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	23,1 a	20,40 Bb	16,50 Bc	15,8 Bc
tebuthiuron	23,1 b	25,15 Aa	25,46 Aa	22,48 Ab
diuron + hexazinona	23,1 a	20,70 Bb	17,20 Bc	12,4 Cd
F Herbicida	108,125**			
F Dose	63,527**			
F Herb * Dose	17,460**			
DMS	1,42			
CV	6,57%			

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

6.1.3 Massa de matéria seca de parte aérea

Os resultados referentes a massa de matéria seca de parte aérea da cultivar CTC 4, apresentaram diferenças significativas apenas para o fator herbicida e dose, não sendo significativo para a interação (Tabela 8). Observar-se que a variação da massa de matéria seca para as diferentes doses dentro de um mesmo herbicida, é muito significativa. Os herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona promoveram reduções de massa de matéria seca das plantas mesmo na menor dose testada. Para o tebuthiuron foram observadas reduções significativas da massa de matéria seca somente na maior dose utilizada.

Quando observados o comportamento dos herbicidas dentro de cada dose nota-se que a dose de 1040 g i.a ha⁻¹ (100%) do herbicida tebuthiuron se destacou com as médias diferenciando dos demais e apresentando o maior acúmulo de massa de matéria seca aos 39 DAA.

Tabela 8. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 4 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

CTC 4				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	11,9 a	8,02 b	4,91 Bb	3,11 b
tebuthiuron	11,9 a	9,67 ab	11,45 Aa	6,53 c
diuron + hexazinona	11,9 a	5,99 b	6,29 Bab	2,95 c
F Herbicida	4,492*			
F Dose	10,557**			
F Herb * Dose	0,787 ^{ns}			
DMS	3,98			
CV	47,67%			

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para a cultivar CTC 9 o acúmulo de massa de matéria seca aos 39 DAA foi significativo para as variáveis herbicida e dose, e não significativo para a interação. As médias se diferenciaram para as diferentes doses do herbicida amicarbazone e diuron + hexazinona e para o herbicida tebuthiuron não houve diferença entre as doses utilizadas (Tabela 9). Na comparação entre herbicidas dentro de cada dose, pode-se observar o

destaque do tebuthiuron nas doses de 1040 g i.a ha⁻¹ (100%) e 1080 g i.a ha⁻¹ (200%), mostrando acúmulos superiores ao amicarbazone e diuron + hexazinona.

Para a cultivar CTC 17 pode-se observar que todos os herbicidas ocasionaram redução de massa de matéria seca em função do aumento das doses aplicadas, sendo a menor massa de matéria seca das plantas observado na dose de 2340 + 660 g i.a ha⁻¹ (200%) do herbicida diuron + hexazinona (Tabela 10). Quando são comparados os herbicidas, observa-se um destaque nas doses de 630 g i.a ha⁻¹ (50%) e 1260 g i.a ha⁻¹ (100%) do amicarbazone e tebuthiuron, e na dose 2080 g i.a ha⁻¹ (200%), sendo que na dose 200% somente o tebuthiuron se destaca com a maior massa de matéria seca das plantas.

Tabela 9. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 9 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

CTC 9				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	10,91 a	7,84 ab	6,76 B b	5,98 AB b
tebuthiuron	10,91	11,3	10,91 A	9,33 A
diuron + hexazinona	10,91 a	8,59 ab	6,38 B bc	3,45 B c
F Herbicida		5,347**		
F Dose		5,019**		
F Herb * Dose		0,858 ^{ns}		
DMS		3,6		
CV		39,50%		

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Ferreira et al., (2010) estudaram a aplicação de tebuthiuron (1200 g i.a ha⁻¹) e diuron + hexazinona (1170 + 330 g i.a ha⁻¹) na cultivar de cana-de-açúcar CTC 4 e observaram acúmulos de massa de matéria seca em relação à testemunha, de 95,05 e 47,7%, respectivamente.

Nos dados de massa de matéria seca referentes a cultivar RB867515, observou-se um comportamento similar dos herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona com a variação de doses com todas as médias se diferenciando da testemunha sem aplicação de herbicidas (Tabela 11). Para o tebuthiuron somente a dose de 2080 g i.a ha⁻¹ (200%) se diferenciou das demais com maiores acúmulos de massa de matéria seca.

Tabela 10. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar CTC 17 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

Herbicidas	CTC 17			
	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	20,73 a	10,49 Ab	7,03 ABbc	5,56 Bc
tebuthiuron	20,73 a	11,06 Ab	10,68 Ab	9,56 Ab
diuron + hexazinona	20,73 a	7,05 Bb	5,42 Bbc	3,13 Bc
F Herbida		6,411**		
F Dose		54,752**		
F Herb * Dose		0,982 ^{ns}		
DMS		3,67		
CV		31,49%		

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

E quando comparadas os herbicidas dentro de cada dose empregada, o herbicida tebuthiuron permitiu maior acúmulo de massa de matéria seca em todas as doses quando comparado com os herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona.

Galon et al., (2009), realizando experimento em casa de vegetação com variação de doses dos herbicidas trifloxysulfuron – sodium e ametryn, isolados e em mistura, em três genótipos de cana-de-açúcar, observaram que a produção de massa de matéria seca decresceu em todas as cultivares estudadas, sendo que para as maiores doses de trifloxysulfuron – sodium e ametryn + trifloxysulfuron – sodium, observaram redução de 37% e 73%, respectivamente, de produção de massa de matéria seca em todas as cultivares estudadas em relação a testemunha. Já Ferreira et al. (2005) observaram que com o aumento das doses de ametryn + trifloxysulfuron – sodium aplicadas em 11 cultivares cana-de-açúcar, a produção de massa de matéria seca foi menor que a testemunha, porém havendo diferença entre os materiais testados.

Ferreira et al., (2012), em trabalhos com quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a aplicação dos herbicidas tembotrion, MSMA, diuron + hexazinona, sulfentrazone, trifloxysulfuron – sodium, tebuthiuron e clomazone, observaram resultados para o herbicida diuron + hexazinona nas cultivares RB867515 e SP80-1816 de 43,23 e 6,36% em relação a testemunha de acúmulo de massa de matéria seca. E para o herbicida tebuthiuron nas mesmas cultivares 90,49 e 40,59%, respectivamente, como observa-se uma grande diferença de sensibilidade do mesmo herbicida entre as duas cultivares estudadas.

Tabela 11. Massa de matéria seca (g) das plantas da cultivar RB867515 de cana-de-açúcar aos 39 dias após a aplicação de herbicidas. Botucatu/SP, 2015.

RB867515				
Herbicidas	Dose (% da dose recomendada)			
	0	50	100	200
amicarbazone	30,34 a	21,37 Bb	11,03 Bc	10,83 Bc
tebuthiuron	30,34 a	27,79 Aa	26,32 Aa	20,70 Ab
diuron + hexazinona	30,34 a	22,13 Bb	11,55 Bc	7,49 Bc
F Herbida	28,598**			
F Dose	58,134**			
F Herb * Dose	4,930**			
DMS	4,18			
CV	18,91%			

Dose recomendada; amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); Significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Ferreira et al., (2012), em trabalhos com quatro cultivares de cana-de-açúcar submetidas a aplicação dos herbicidas tembotrion, MSMA, diuron + hexazinona, sulfentrazone, trifloxysulfuron – sodium, tebuthiuron e clomazone, observaram resultados para o herbicida diuron + hexazinona nas cultivares RB867515 e SP80-1816 de 43,23 e 6,36% em relação a testemunha de acúmulo de massa de matéria seca. E para o herbicida tebuthiuron nas mesmas cultivares 90,49 e 40,59%, respectivamente, como observa-se uma grande diferença de sensibilidade do mesmo herbicida entre as duas cultivares estudadas.

6.1.4 Teores de clorofilas *a* e *b* e carotenoides nas folhas

Para as avaliações de clorofila *a* e *b* e carotenoides da cultivar CTC 4, observou-se um comportamento gradual de todos herbicidas, com reduções dos teores dos pigmentos fotossintéticos em função das doses aplicada. As diferenças foram observadas dentro de doses para os herbicidas tebuthiuron e diuron + hexazinona para clorofila *a*, *b* e carotenoides (Tabela 12).

Para o herbicida tebuthiuron as doses “zero” e 520 g i.a ha⁻¹ (50%) se diferenciaram das doses de 1040 g i.a ha⁻¹ (100%) e 2080 g i.a ha⁻¹ (200%). Já para o herbicida diuron + hexazinona todas as doses se diferenciaram da testemunha, sendo a

mesma com maior índice de pigmentos, mantendo um comportamento similar para as três variáveis analisadas.

Quando analisado o comportamento de cada herbicida nas variáveis avaliadas, pode-se observar que o herbicida diuron + hexazinona causou a menor concentração de clorofila *a*, *b* e carotenoides em todas as doses utilizadas. A maior degradação de todos os pigmentos foi observada para a maior dose utilizada do herbicida diuron + hexazinona.

Tabela 12. Determinações da clorofila *a*, *b* e carotenoides (mg g⁻¹) em casa de vegetação, para a cultivar CTC 4 aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.

Doses	CTC 4								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H
0	19,29	19,29 A	19,29 A	5,44	5,44 A	5,44 A	5,92	5,92 A	5,92 A
50	17,92 a	17,07 Aa	10,41 Bb	5,46 a	4,78 Aa	3,05 Bb	5,95 a	5,06 Aa	3,5 Bb
100	17,53 a	9,88 Bb	8,89 Bb	5,48 a	2,68 Bb	2,99 Bb	5,74 a	3,04 Bb	3,15 Bb
200	13,76 a	9,98 Bab	7,25 Bb	4,8 a	2,82 Bb	2,56 Bb	4,96 a	3,16 Bb	2,79 Bb
F heb		9,904**			13,899**			12,104**	
F dose		14,223**			9,882**			10,744**	
F Herb * Dose		1,827 ^{ns}			2,547**			1,952***	
DMS		4,28			1,18			1,27	
CV (%)		28,34			26,31			26,21	

A= amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), T=tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e D+H= diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹); significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para a cultivar CTC 9 (Tabela 13) quando comparadas as diferenças entre herbicida e doses utilizadas não foi constatada diferença estatística entres os tratamentos nas variáveis de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. Os herbicidas e doses utilizados nesse experimento não ocasionou variação na síntese de pigmentos estudados na cultivar CTC 9.

Tabela 13. Determinações da clorofila *a*, *b* e carotenoides (mg g⁻¹) em casa de vegetação, para a cultivar CTC 9 aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.

Doses	CTC 9								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H
0	13,69	13,69	13,69	4,13	4,13	4,13	4,34	4,34	4,34
50	16,70	13,44	14,41	4,85	4,05	4,34	5,06	4,18	4,50
100	13,72	16,15	18,28	4,43	4,71	5,85	4,45	4,89	5,51
200	13,66	18,58	14,27	4,52	5,39	4,90	4,37	5,53	4,53
F heb		0,394 ^{ns}			0,401 ^{ns}			0,179 ^{ns}	
F dose		1,101 ^{ns}			1,884 ^{ns}			0,954 ^{ns}	
F Herb * Dose		1,673 ^{ns}			0,974 ^{ns}			1,245 ^{ns}	
DMS		3,97			1,24			1,12	
CV		24,94			25,26			22,63	

A= amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), T=tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e D+H= diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹) ; significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%

Nos dados referentes aos pigmentos na cultivar de cana-de-açúcar CTC 17 nota-se que o teor de clorofila *a* e *b* não foi reduzido pelos herbicidas nas diferentes doses testadas (Tabela 14). Apenas para a Clorofila *b* foi aumentada na maior dose do herbicida diuron+hexazinona. Para a variável carotenoides observa-se diferença estatísticas entre os herbicida e doses e o acúmulo do pigmento na dose 2340 + 660 g i.a ha⁻¹ (200%) do herbicida diuron + hexazinona, que obteve incremento e as médias se diferenciaram tanto entre as doses quanto entre os herbicidas.

Para a cultivar RB867515, verifica-se que houve diferença estatística para os fatores de herbicida e dose para a variável clorofila *a*, sendo que as doses de 50 e 100% promoveram os maiores teores deste pigmento para os herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona. O tebuthiuron promoveu aumentos nos teores de clorofila *a* em todas as doses testadas (Tabela 15).

Para os teores de clorofila *b*, as diferenças estatísticas foram detectadas somente no fator dose, com as maiores concentrações ocorrendo na dose 2080 g i.a ha⁻¹ (200%) do herbicida tebuthiuron e na dose 585 +165 g i.a ha⁻¹ (100%) do diuron + hexazinona (Tabela 15).

Tabela 14. Determinações da clorofila *a*, *b* e carotenoides (mg g⁻¹) em casa de vegetação, aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.

Doses	CTC 17								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H
0	18,71	18,71	18,71	5,29	5,29	5,29 Aa	5,95	5,95	5,95 Aa
50	20,51	17,00	21,73	6,08	4,97	6,41 Aa	6,58	5,3	6,84 Aa
100	22,42	21,84	23,02	7,05	6,5	7,26 Aa	7,25	6,57	7,26 Aa
200	21,62 a	23,79 a	34,48 b	6,92 a	6,93 a	11,75 Bb	7,11 a	7,01	10,82 Bb
F heb	2,358 ^{ns}			4,655*			3,293*		
F dose	4,389**			8,500**			4,705**		
F Herb * Dose	1,295 ^{ns}			2,365*			1,494 ^{ns}		
DMS	7			2,01			1,98		
CV	30,2			28,64			27,48		

A= amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), T=tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e D+H= diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹) ; significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para o teor de carotenoides foi encontrado diferença somente na dose de 200% entre os herbicidas, sendo o herbicida tebuthiuron com a média de 5,03 g mg⁻¹ se destacando dos demais. Já quando observa-se a comparação entre as doses dentro de cada herbicida temos o destaque da dose 50 e 100 % dos herbicidas amicarbazone e tebuthiuron, e somente a dose 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (100%) do herbicida diuron + hexazinona (Tabela 15).

Segundo Souza et al., (2009), quando utilizado o índice SPAD (SPAD 502 Minolta) para determinação do índice de clorofila em diferentes cultivares de cana-de-açúcar e herbicidas, não constataram diferença entre os herbicidas utilizados que no caso foram diuron + hexazinona, metribuzin, tebuthiuron e amicarbazone, mas sim diferença de concentrações de clorofila entre as cultivares.

Vieira et al., (2010) relataram que a concentração de clorofila *a* e *b* em função da adubação nitrogenada na espécie *Ananas comosus* (L. Merrill) cv Pérola cultivadas em casa de vegetação a diferença no teor de clorofila *a* quando variada as concentrações de nitrogênio aplicadas, mas não houve diferenças de teor de clorofila *b* quando variadas as concentrações de nitrogênio.

Tabela 15. Determinações da clorofila *a*, *b* e carotenoides (mg g⁻¹) em casa de vegetação para cultivar RB867515, aos 39 DAA. Botucatu/SP, 2015.

Doses	RB867515								
	Clorofila A			Clorofila B			Carotenoides		
	A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H
0	11,98 AB	11,98 B	11,98B	4,50	4,5 B	4,5 C	3,22 AB	3,22B	3,22C
50	14,27A	15,96 A	16,90A	5,34	5,43 AB	6,07AB	4,21 A	4,17A	4,55AB
100	12,77ABb	17,6 Aa	15,92 Aab	5,34	5,85 AB	6,55A	3,97 A	4,59A	4,86A
200	9,21 Bb	17,66Aa	10,80 Bb	3,89	6,11 A	4,92BC	2,75Bb	5,03Aa	3,52Bb
F heb		5,27**			1,762 ^{ns}			3,425*	
F dose		4,18*			3,040*			5,048**	
F Herb * Dose		1,715 ^{ns}			0,827 ^{ns}			1,636 ^{ns}	
DMS		3,86			1,49			1,03	
CV		26,16			26,81			24,79	

A= amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), T=tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e D+H= diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹) ; significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Segundo Moraes et al., (2007), as clorofilas *a* e *b* são interconvertidas no ciclo da clorofila e formam complexos de clorofila-proteína, que por sua vez tem atuação de suma importância na regulação e organização do fotossistema. E de acordo com Priori et al., (2003), há correlação positiva entre teor de clorofila e fotossíntese líquida expressa em massa. Segundo Meschede et al., (2011) ao avaliarem clorofila *a*, *b* e carotenoides em cana-de-açúcar submetida a aplicações de sulfometuron- methyl e glyphosate como maturadores, observaram diferenças no teor de clorofila *a* e *b* e carotenoides quando usando a dose de 400ml ha⁻¹ de glyphosate.

Segundo Zera et al., (2011) analisando os efeitos dos herbicidas ametryn+trifloxysulfuron-sodium, sulfentrazone, imazapic, clomazone e isoxaflutole, nos teores de clorofila para diferentes cultivares de cana-de-açúcar (IAC), verificou-se que aos 30 DAA somente o clomazone foi inferior à testemunha no cultivar IACSP94-2101, tendo os demais herbicidas causado incremento dos pigmentos quando comparados com a testemunha. Desta forma se assemelhando com os dados obtidos que nas cultivares CTC 9 e CTC 17 que incrementaram o teor de clorofila e carotenoides independente da dose utilizada.

6.1.5 Fitotoxidade

Os dados de fitointoxicação em todas as avaliações realizadas no decorrer do experimento o herbicida tebuthiuron nas doses utilizadas não causaram efeito de fitointoxicação visual em nenhuma das cultivares estudadas (Tabela 16).

Aos 15 DAA verificou-se crescentes fitointoxicação causadas pelos tratamentos com o aumento das doses, para os herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona. As maiores porcentagens de fitointoxicação foram observadas para a cultivar CTC 17 com a aplicação do herbicida diuron + hexazinona na maior dose. Na mesma cultivar estudada aos 15 DAA, o amicarbazone na dose 2520 g i.a ha⁻¹ (200%) também causou fitointoxicação elevada.

Nas demais avaliações, os herbicidas se comportaram de forma similar, porém com o aumento da fitointoxicação principalmente nas doses de 100 e 200% dos herbicidas amicarbazone e diuron + hexazinona. Aos 35 DAA na dose de 200% observou-se a maiores porcentagens de fitointoxicação nas cultivares CTC 4 e RB867515, porém essas notas foram atribuídas em função de necrose e amarelecimento de folhas e também da redução da altura das plantas já discutida anteriormente.

Segundo Azania et al., (2006), em estudos com a cultivar RB835089, em pós-emergência inicial e tardia em cana-de-açúcar nas épocas úmidas e secas, em soqueira de terceiro e quarto cortes, observaram sintomas similares quando as plantas foram tratadas com diuron + hexazinona (1170 g ha⁻¹ + 330 g ha⁻¹).

Souza et al., (2009), verificaram em diferentes cultivares de cana-de-açúcar a campo submetidas a amicarbazone e diuron + hexazinone aos 15 DAA, intoxicações entre 10 e 12%, respectivamente, para as cultivares avaliadas.

Soares et al., (2011), em experimentos em vasos no campo com as cultivares IAC91-5155, IACSP93-3046 e IACSP94-2094, verificaram que o herbicida amicarbazone (1400 g i.a ha⁻¹) aos 13 DAA, ocasionou 40% de fitotoxidade em todas as cultivares testadas, porém aos 70 DAA, todas as cultivares não apresentavam mais sintomas visuais de fitointoxicação.

Tabela 16. Médias de fitotoxicidade em % em relação a testemunha em cana-de-açúcar nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515, submetida aos diferentes tratamentos com herbicidas inibidores do fotossistema II, em diferentes doses. Botucatu/SP, 2015.

	Doses (%)	15 DAA			21 DAA			28 DAA			35 DAA		
		A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H	A	T	D + H
CTC 4	0	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
	50	7 Bb	0 Aa	0 Aa	9 Bb	0 Aa	0 Aa	19 Bc	0 Aa	7 Bb	24 Bc	0 Aa	12 Bb
	100	14 Cb	0 Aa	18 Bc	20 Cb	0 Aa	26 Bc	20 Bb	0 Aa	20 Cb	26 Bb	0 Aa	24 Cb
	200	23 Db	0 Aa	28 Cc	24 Db	0 Aa	33 Cc	29 Cb	0 Aa	48 Dc	35 Cb	0 Aa	56 Dc
	F heb (H)	68,746**			129,102**			171,347**			259,449**		
	F dose (D)	74,531**			125,714**			139,261**			187,658**		
	F H* D	21,650**			39,143**			50,818**			66,552**		
	DMS	3,71			3,38			3,8			3,87		
	CV (%)	46,75			34,23			29,67			24,11		
CTC 9	0	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
	50	5 Bb	0 Aa	15 Bc	6 Bb	0 Aa	16 Bc	13 Bb	0 Aa	16 Bb	21 Bb	0 Aa	20 Bb
	100	9 Bb	0 Aa	16 Bc	12 Cb	0 Aa	16 Bb	14 BCb	0 Aa	18 Bc	20 Bb	0 Aa	21 Bb
	200	17 Cb	0 Aa	22 Cc	17 Db	0 Aa	31 Cc	17 Cb	0 Aa	43 Cc	18 Bb	0 Aa	53 Bc
	F heb (H)	44,779**			52,439**			135,667**			193,457**		
	F dose (D)	21,951**			27,392**			72,919**			97,171**		
	F H* D	6,604**			8,883**			31,222**			50,600**		
	DMS	4,71			5,16			3,93			4,05		
	CV (%)	63,55			59,67			36,77			29,95		
CTC 17	0	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
	50	20 Bc	0 Aa	12 Bb	16 Bb	0 Aa	18 Bb	22 Bb	0 Aa	21 Bb	22 Bb	0 Aa	25 Bb
	100	26 Cb	0 Aa	36 Cc	27 Cb	0 Aa	39 Cc	25 BCb	0 Aa	32 Cc	26,4 Cb	0 Aa	42 Cc
	200	31 Db	0 Aa	36 Cc	32 Db	0 Aa	38 Cc	25 Cb	0 Aa	42,6 Dc	30 Db	0 Aa	49,8 Dc
	F heb (H)	129,050**			149,010**			623,264**			494,497**		
	F dose (D)	75,954**			84,145**			291,411**			231,308**		
	F H* D	22,486**			22,700**			93,444**			70,653**		
	DMS	4,86			4,86			2,36			3,17		
	CV (%)	34,19			32,38			16,02			18,4		
RB867515	0	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
	50	6 Bb	0 Aa	5 Bb	9 Bb	0 Aa	9 Bb	19 Bb	0 Aa	10 Bb	24 Bc	0 Aa	12 Bb
	100	12 Cb	0 Aa	10 Cb	20 Cb	0 Aa	26 Cc	20 BCb	0 Aa	20 Cc	24 Bb	0 Aa	26 Cb
	200	14 Cb	0 Aa	24 Cc	24 Db	0 Aa	36 Dc	29 Cb	10 Ba	48 Dc	35 Cb	10 Ba	61 Dc
	F heb (H)	108,083**			136,233**			109,684**			261,529**		
	F dose (D)	87,639**			97,600**			142,383**			304,105**		
	F H* D	29,639**			27,700**			26,265**			70,261**		
	DMS	2,37			3,75			4,19			3,17		
	CV (%)	37,79			34,21			30,14			20,37		

A= amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), T=tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e D+H= diuron + hexazinone (1170 + 330g i.a ha⁻¹) ; significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna e minúscula na linha se diferem entre si pelo teste t a 10%.

6.2 Experimento de campo

6.2.1 Taxa de transporte de elétrons (ETR)

Os dados referentes a ETR obtidos nas leituras realizadas entre 1 e 132 DAA, em experimento em campo, referente aos três herbicidas testados nas quatro respectivas cultivares. Verificou-se que a ETR foi reduzida no primeiro dia após a aplicação, com maior redução causada pelo herbicida diuron + hexazinona ($1170 + 330 \text{ g i.a ha}^{-1}$), que aproximou-se a “0” quando comparado em porcentagem à testemunha que não recebeu o tratamento herbicida. O comportamento foi semelhante nas quatro cultivares testadas, com uma boa recuperação dos níveis de ETR a partir de 14 DAA e mantendo-se elevado até o final do período de avaliação (Figura 13).

Para o herbicida amicarbazone ($1260 \text{ g i.a ha}^{-1}$) também se verificou redução da ETR em todas as cultivares avaliadas, porém de maneira menos agressiva quando comparada com o herbicida diuron + hexazinona ($1170 + 330 \text{ g i.a ha}^{-1}$), mas com reduções atingindo 20% em relação as parcelas não tratadas, e com recuperação nas posteriores leituras e se estabilizando aos 14 DAA até as últimas leituras realizadas (Figura 13).

Para o herbicida tebuthiuron ($1040 \text{ g i.a ha}^{-1}$), as quedas de ETR foram de menor intensidade comparando-se aos demais herbicidas, com reduções iniciais (1 DAA) entre 40 e 50 % em relação a testemunha e com plena recuperação a partir de 14 DAA.

O diuron + hexazinona promoveu diminuição significativa da taxa de fluorescência (F_v/F_m) quando utilizou-se o fluorômetro portátil para detecção aos 45 e 60 DAA, em aplicação em pós-emergência inicial das plantas de cana-de-açúcar em épocas com alta precipitação, em experimento realizado em época de estiagem os resultados obtidos para o diuron + hexazinona foram similares (AZANIA et al., 2005; AZANIA et al., 2006).

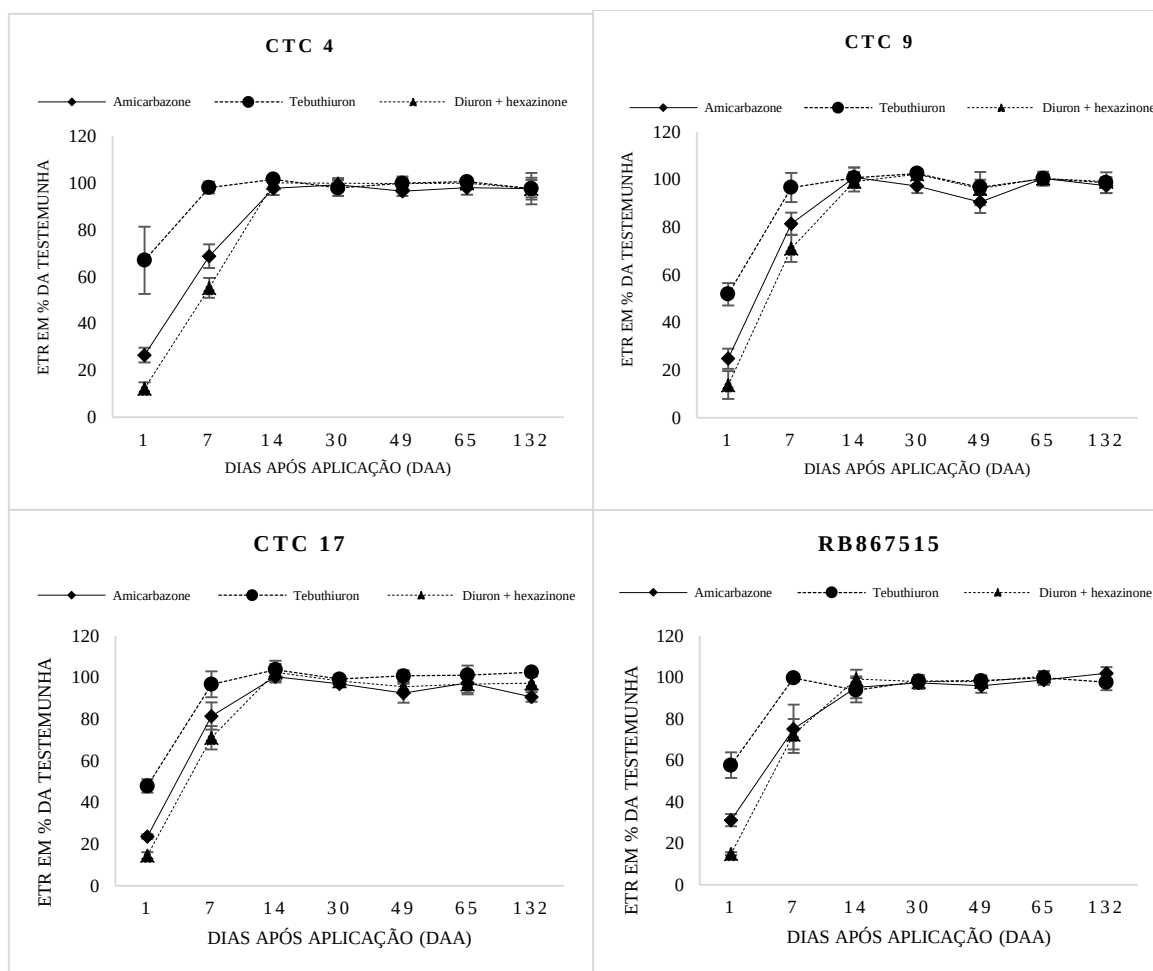


Figura 13. Taxa de transporte de elétrons (%) para cana-de-açúcar Cultivares CTC 4, CTC 9, CTC17 e RB867515, após aplicação dos herbicidas amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tubuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹) a campo. As barras indicam o IC dos períodos avaliados. Pereiras/SP, 2015.

6.2.2 Clorofilas

Para os dados referentes a clorofila *a*, *b* e carotenoides das quatro cultivares de cana-de-açúcar tratadas com os herbicidas amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹) e diuron + hexazinona (1170 + 330g i.a ha⁻¹) nota-se que para esses parâmetros não se observou diferença estatística em nenhuma das cultivares no campo em todas as épocas avaliadas (Tabela 17).

Tabela 17. Teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides (mg g⁻¹), aos 30, 65, 189 dias após aplicação dos herbicidas, nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Pereiras/SP 2015.

Tratamentos	CTC 4								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA
testemunha	9,17	9,85	18,47	2,49	3,19	5,29	3,50	4,09	6,50
amicarbazone	7,43	9,73	23,59	2,07	3,08	7,12	2,82	3,98	8,01
tebuthiuron	7,17	9,18	15,93	1,98	2,96	4,59	2,76	3,88	5,51
diu + hexa	7,74	10,73	23,28	2,13	3,43	6,84	2,85	4,24	7,65
F trat	0,807 ^{ns}	1,385 ^{ns}	1,158 ^{ns}	0,639 ^{ns}	1,346 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,898 ^{ns}	0,629 ^{ns}	1,092 ^{ns}
F bloco	0,786 ^{ns}	1,645 ^{ns}	1,027 ^{ns}	0,974 ^{ns}	2,714 ^{ns}	1,302 ^{ns}	0,758 ^{ns}	1,802 ^{ns}	1,055 ^{ns}
CV (%)	30,76	13,53	41,83	31,83	13,36	37,77	30,16	11,73	38,61
DMS	2,45	1,35	8,6	0,69	0,42	2,28	0,91	0,48	2,7
Tratamentos	CTC 9								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA
testemunha	12,51	10,78	23,83	3,83	3,47	7,04	4,95	4,25	7,74
amicarbazone	13,18	11,20	27,24	4,20	3,60	8,14	5,32	4,53	8,81
tebuthiuron	11,93	11,86	30,92	3,82	3,71	9,26	4,85	4,51	9,75
diu + hexa	11,05	10,45	28,03	3,50	3,28	8,46	4,39	4,04	8,89
F trat	1,304 ^{ns}	1,133 ^{ns}	1,523 ^{ns}	1,232 ^{ns}	1,148 ^{ns}	1,729 ^{ns}	1,508 ^{ns}	1,979 ^{ns}	1,368 ^{ns}
F bloco	3,393*	3,917*	1,949 ^{ns}	2,331 ^{ns}	4,737**	2,066 ^{ns}	4,094*	4,636**	1,954 ^{ns}
CV (%)	15,88	12,67	21,06	16,54	12,1	20,88	15,54	9,41	19,65
DMS	1,95	1,42	5,86	0,64	0,43	1,73	0,76	0,41	1,75
Tratamentos	CTC 17								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA
testemunha	12,97	9,99	36,36	4,00	3,30	11,34	5,10	4,12	11,92
amicarbazone	11,92	12,69	46,40	3,86	4,09	14,37	4,84	5,13	14,81
tebuthiuron	14,30	11,24	40,98	4,38	3,64	12,94	5,57	4,44	13,16
diu + hexa	12,53	11,68	49,94	3,92	3,84	15,60	4,88	4,59	15,54
F trat	1,975 ^{ns}	1,821 ^{ns}	1,543 ^{ns}	1,027 ^{ns}	1,464 ^{ns}	1,693 ^{ns}	1,698 ^{ns}	1,862 ^{ns}	1,302 ^{ns}
F bloco	5,084**	0,405 ^{ns}	0,142 ^{ns}	4,048**	0,336 ^{ns}	0,223 ^{ns}	6,456**	0,335 ^{ns}	0,159 ^{ns}
CV (%)	13,6	17,8	27,15	13,92	18,12	25,48	12,41	16,49	25,22
DMS	1,68	2,05	11,93	0,57	0,68	3,49	0,64	0,76	3,53
Tratamentos	RB867515								
	Clorofila <i>a</i>			Clorofila <i>b</i>			Carotenoides		
	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA	30 DAA	65 DAA	189DAA
testemunha	8,77	12,82	38,36	2,78	4,18	11,62	3,05	5,03	12,40
amicarbazone	9,92	11,61	38,30	3,15	3,77	11,67	3,41	4,53	12,26
tebuthiuron	9,07	11,41	37,95	2,81	3,61	11,47	3,14	4,49	12,13
diu + hexa	10,61	10,38	38,60	3,48	3,34	11,73	3,77	3,92	12,36
F trat	0,740 ^{ns}	1,151 ^{ns}	0,010 ^{ns}	1,060 ^{ns}	1,463 ^{ns}	0,019 ^{ns}	1,083 ^{ns}	2,189 ^{ns}	0,023 ^{ns}
F blocos	4,785**	0,904 ^{ns}	1,277 ^{ns}	3,860*	0,773 ^{ns}	0,996 ^{ns}	3,737*	0,807 ^{ns}	1,238 ^{ns}
CV (%)	24,7	19,82	16,7	25,59	19,1	16,89	22,75	16,73	15,86
DMS	2,39	2,31	6,47	0,79	0,72	1,98	0,77	0,76	1,97

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹), significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Desta forma, é possível afirmar que os herbicidas testados nas respectivas doses e condições em que foram aplicados não influenciaram o teor de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. Segundo Schiavetto (2010), avaliar nas plantas tratadas com herbicidas o teor de clorofila total é importante, especialmente quando utiliza-se herbicidas de mecanismos de ação que atuam no aparato fotossintético ou estruturas e processos celulares relacionados. Assim, prejuízos causados à clorofila podem ser entendidos como interferência dos herbicidas, tornando essa variável uma avaliação quantitativa e não empírica.

Em estudo realizado por Schiavetto (2012) com aplicação dos herbicidas diuron + hexazinona, metribuzin, sulfentrazone e diuron+ hexazinona + MSMA em pré emergência inicial da cultura, em diferentes cultivares, o teor relativo de clorofila total foi maior redução aos 15 DAA, enquanto aos 50 DAA poucas interferências foram observadas.

Galon et al, (2009), comentou que as cultivares de cana-de-açúcar, até os 30 DAA, se encontram em processo de metabolização das moléculas herbicidas, pois os mesmos já foram absorvidos pelas plantas, assim, podendo ser metabolizado a compostos não tóxicos sem atividade herbicida para a planta ou com atividade reduzida ou aumentada, o que é definido pelas características genéticas das cultivares ou pelas características físico-química do herbicida.

6.2.3 Número, altura e diâmetro de colmos

Para a cultivar CTC 4, verifica-se uma diferença no número de colmos aos 68 DAA para as plantas que receberam a aplicação de diuron + hexazinona (1170 + 330 g i.a ha⁻¹) em relação à testemunha. Nas demais avaliações, aos 189 e 325 DAA, não foram detectadas diferenças estatísticas (Tabela 18).

Para a cultivar RB867515, houve apenas diferenças em relação à testemunha aos 325 DAA, para os herbicidas, com aumento no número de colmos nas plantas que receberam a aplicação de tebuthiuron e diuron + hexazinona. Também para a CTC 9 e CTC 17 foram observados aumentos no número de colmos para o diuron + hexazinona, aos 189 DAA.

Tabela 18. Número de colmos por metro linear aos 68,189 e 325 dias após a aplicação, nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Pereiras/SP, 2015.

Tratamentos	Nº de Colmos m ⁻¹					
	CTC 4			RB867515		
	68 DAA	189 DAA	325DAA	68 DAA	189 DAA	325DAA
testemunha	31 b	24	18	34	19	13 b
amicarbazone	34 b	25	17	38	22	13 b
tebuthiuron	35 b	24	20	34	19	16 a
diuron+hexazinona	41 a	26	19	35	21	16 a
F trat	4,092*	0,227 ^{ns}	1,741 ^{ns}	0,454 ^{ns}	0,706 ^{ns}	3,261*
F blocos	0,342 ^{ns}	0,950 ^{ns}	0,895 ^{ns}	3,359*	0,352 ^{ns}	0,565 ^{ns}
CV (%)	14,21	19,81	15,23	16,21	22,51	13,13
DMS	5,02	5,07	2,86	5,8	4,63	1,98

Tratamentos	CTC 9			CTC 17		
	68 DAA	189 DAA	325DAA	68 DAA	189 DAA	325DAA
	68 DAA	189 DAA	325DAA	68 DAA	189 DAA	325DAA
testemunha	18	16 c	16	28	17 a	16
amicarbazone	20	18 b	16	26	22 b	18
tebuthiuron	20	16 c	15	25	18 a	19
diuron+hexazinona	25	20 a	18	27	21 b	18
F trat	1,362 ^{ns}	5,606**	1,202 ^{ns}	0,494 ^{ns}	5,374**	1,271 ^{ns}
F blocos	0,204 ^{ns}	0,851 ^{ns}	0,672 ^{ns}	0,682 ^{ns}	1,871 ^{ns}	0,814 ^{ns}
CV (%)	28,17	10,63	14,89	14,72	13,85	17,3
DMS	5,96	1,91	2,42	3,96	2,78	3,15

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹), significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Os estudos realizados por Coleti et al., (1987) e Graziano (1988) indicaram que a população de colmos por unidade de área é consequência de combinações adotadas para o espaçamento entre linhas e a densidade de gemas distribuídas por metro de sulco. Desta maneira, após o máximo perfilhamento, os canaviais possuem, em média, 12 a 16 colmos em idade de corte por metro linear. O perfilhamento pode variar de acordo com a cultivar, dependendo das suas características genéticas (CASAGRANDE, 1991), ou no caso do estudo conduzido pela aplicação de herbicida nas plantas.

Monquero et al., (2011) em estudo de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a aplicação de diversos herbicidas, observaram uma diferença variável de número de perfilhos (colmos) aos 380 DAA, sendo imazapyr e trifloxysulfuron –sodium + ametryn tendo 7,33 e 10,67 colmos m⁻¹, respectivamente, porém não havendo diferença estatística quando comparados. Velini et al (2000), com aplicação da mistura oxyfluorfen e

ametryne em pré e pós emergência em diferentes cultivares de cana-de-açúcar, constataram que o número colmos não foi afetado pelos tratamentos herbicidas, resultado semelhante obtido por Negrisoli et al., (2004) também não constataram redução de estande, ao estudar a seletividade de herbicidas, aplicados em pré emergência, associados a nematicidas na cultura da cana-de-açúcar.

Santos et al., (2010) não observaram redução de perfilhamento aos 50 e 110 DAA na cultivar RB72454, quando foram aplicados os herbicidas imazapic, imazapic + diuron+ hexazinona, imazapic + sulfentrazone e tebuthiuron + diuron+ hexazinona.

Este resultado de aumento do número de colmos em determinadas cultivares e avaliações pode estar relacionado à quebra da dominância do perfilho primário das plantas, principalmente em função da absorção foliar no momento da aplicação.

Na Tabela 19 encontram-se os resultados da altura de plantas das cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17, aos 189 e 325 DAA. Observa-se que os herbicidas aplicados não influenciaram a altura de plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Monquero et al., (2011) que não observaram redução de altura de plantas de cana-de-açúcar (cultivar RB925211) aos 90 e 180 dias após a aplicação dos herbicidas diuron + hexazinona, metribuzin, imazapic, imazapyr e trifloxysulfuron-sodium.

Os herbicidas ametryn + trifloxysulfuron-sodium e sulfentrazone, reduziram a altura de cana-de-açúcar (PROCOPIO et al., 2004). Azania et al., (2005), ao avaliarem os herbicidas isoxaflutole, diuron + hexazinona, azafenidin + hexazinona e metribuzin aplicados na cultivar RB835089, também verificaram redução na altura das plantas de cana-de-açúcar.

Para o diâmetro de colmos pode-se observar que os tratamentos herbicidas não influenciaram nenhuma das cultivares estudadas aos 325 DAA (Tabela 20), assim como a altura de plantas no ato da colheita não houve diferença significativa. Porém, Fagliari et al (2001) observaram resultados contrários, ao avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em soqueira de cana-de-açúcar, utilizando-se de testemunhas duplas adjacentes, os autores observaram que o tratamento clomazone + ametryn (1000 + 1500 g i.a ha⁻¹) afetou o diâmetro na cultivar RB835089.

Tabela 19. Altura média de colmos aos 189 e 325 dias após a aplicação nas cultivares CTC 4, CTC 9, CTC 17 e RB867515. Botucatu/SP, 2015.

Tratamentos	Altura de colmos (m)							
	CTC 4		RB867515		CTC 9		CTC 17	
	189 DAA	325 DAA	189 DAA	325 DAA	189 DAA	325 DAA	189 DAA	325 DAA
Testemunha	1,34	1,73	1,56	1,66	1,5	1,65	1,45	1,6
amicarbazone	1,31	1,71	1,57	1,67	1,55	1,76	1,46	1,62
tebuthiuron	1,29	1,58	1,59	1,67	1,5	1,74	1,49	1,55
diuron + hexazinona	1,33	1,67	1,6	1,68	1,53	1,74	1,46	1,65
F Trat	0,624 ^{ns}	1,651 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,311 ^{ns}	0,652 ^{ns}	0,226 ^{ns}	0,649 ^{ns}
F bloco	1,515 ^{ns}	1,594 ^{ns}	2,171 ^{ns}	0,576 ^{ns}	0,284 ^{ns}	0,866 ^{ns}	0,986 ^{ns}	0,944 ^{ns}
CV (%)	5,9	7,98	6,23	8	6,56	8,48	6,17	7,33
DMS	0,078	0,13	0,099	0,135	0,101	0,148	0,091	0,148

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹), significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

De acordo com Montório et al., (2005), avaliando a seletividade da cultivar RB835089 a diferentes herbicidas verificou-se que o herbicida diuron+ hexazinona em pós emergência inicial não influenciou o diâmetro de colmos, já o mesmo autor observou diferenças significativas no diâmetro de colmos quando as plantas foram submetidas ao herbicida tebuthiuron em pré emergência.

Tabela 20 Diâmetro médio (mm) de colmos aos 325 dias após a aplicação dos herbicidas, nas cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17. Botucatu/SP, 2015.

Tratamentos	Diâmetro de Colmos			
	CTC 4	RB867515	CTC 9	CTC 17
testemunha	24	30	25	26
amicarbazone	24	28	26	25
tebuthiuron	23	29	26	25
diu + hexa	23	28	27	26
F trat	0,322 ^{ns}	0,591 ^{ns}	0,865 ^{ns}	1,050 ^{ns}
F blocos	2,212 ^{ns}	1,496 ^{ns}	0,295 ^{ns}	5,572 ^{**}
CV (%)	6,45	5,63	6,85	3,06
DMS	1,51	1,65	1,82	0,79

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹), significativo a*5% e **1% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

6.2.5 Produtividade e características tecnológicas

Os resultados de produtividade ($t\ ha^{-1}$) das quatro cultivares estudadas e submetidas aos tratamentos herbicidas encontram-se descritos na Tabela 21. Pode-se observar que para as cultivares CTC 4, CTC 9 e CTC 17 os tratamentos não influenciaram a produtividade. Para a cultivar RB867515, nenhum dos herbicidas testados afetou negativamente a produtividade, no entanto, os herbicidas tebuthiuron $1040\ g\ i.a.\ ha^{-1}$ e diuron + hexazinona $1170 + 330\ g\ i.a.\ ha^{-1}$ promoveram incrementos de produtividade em relação à testemunha.

Pode-se inferir que esse aumento de produtividade está relacionado ao maior número de colmos apresentados para as plantas tratadas com estes herbicidas, como observou-se anteriormente na Tabela 18.

Resultados semelhantes foram obtidos por Schiavetto (2010) para cana-de-açúcar (cultivar SP81-3250) tratadas com os herbicidas apresentaram aumento de produtividade em relação às plantas não tratadas, de 14,31%, possivelmente, devido a característica inerente a genética da cultivar e também ao aumento de colmos (estande). Já o herbicida amicarbazone quando aplicado em pós inicial na cultivar RB865486 se diferenciou significativamente da testemunha “suja” tendo maior produção, e quando comparado com a testemunha “limpa” obteve a mesma produtividade nas condições em que foram conduzidos, resposta similar a obtida neste trabalho.

Velini et al., (2000) quando avaliaram seletividade de dez cultivares de cana-de-açúcar os herbicidas oxyfluorfen e ametryne em pré e pós emergência, observaram que as produtividades das cultivares estudadas não foram afetadas. Barela e Christoffoleti, (2006) também não encontraram diferenças de produtividade quando foi avaliada a cultivar RB867515 os herbicidas tebuthiuron e diuron + hexazinone e suas interações com nematicidas.

Pode-se observar que os tratamentos herbicidas nas quatro Cultivares não influenciaram na qualidade tecnológica nos parâmetros de BRIX, pureza, POL e ATR (Tabela 22). Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2009), quando avaliou as características tecnológicas de diferentes cultivares submetidas aos herbicidas amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona, concluíram que tanto a produtividade quanto a qualidade tecnológica não foram afetadas pelos herbicidas.

Tabela 21. Produtividade estimada em toneladas por hectare aos 325 dias após a aplicação, nas Cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17. Botucatu/SP, 2015

Tratamentos	Toneladas ha ⁻¹			
	CTC 4	RB867515	CTC 9	CTC 17
testemunha	76,09	83,10 b	77,96	82,68
amicarbazone	74,74	82,76 b	74,15	81,13
tebuthiuron	72,27	101,2 a	74,71	86,33
diu + hexa ¹	80,07	98,46 a	83,76	84,51
F trat	0,2 ^{ns}	2,61***	0,417 ^{ns}	0,107 ^{ns}
F bloco	0,819 ^{ns}	1,641 ^{ns}	1,045 ^{ns}	2,371 ^{ns}
CV (%)	23,56	16,79	21,55	20,19
DMS	18,7	15,06	16,93	17,09

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), ¹diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹), significativo a ***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

Para as cultivares RB867515, CTC 9 e CTC 17 os resultados das variáveis bolo (peso do bagaço úmido) e fibra (fibra da cana) foram alterados pelos tratamentos utilizados. O diuron + hexazinona (1170 + 330 g i.a ha⁻¹) causaram reduções no peso do bolo e fibra para as Cultivares RB867515 e CTC 9. Na cultivar CTC 17 os resultados foram contrários tendo o diuron + hexazinona um aumento no peso da fibra e se diferenciando quando comparado com a testemunha (Tabela 22).

Estudos concluíram que o efeito dos herbicidas ametryn e trifloxysulfuron-sodium alteraram a qualidade da matéria prima da cana-de-açúcar, como brix, fibra, pol e pureza do caldo e, principalmente, a produtividade de colmos nos genótipos RB72454, RB835486, RB855113, RB855156, RB867515, RB925211, RB925345, RB937570, RB947520 e SP80-1816 (GALON, 2009a).

Tabela 22. Características tecnológicas das cultivares CTC 4, RB867515, CTC 9 e CTC 17 aos 325 dias após a aplicação. Pereiras/SP, 2015.

Tratamentos	CTC 4					
	Brix	Bolo	Fibra	Pza	Pc (pol)	Atr
testemunha	23,46	178,27	15,13	90,99	17,11	168,65
amicarbazone	23,53	178,00	15,11	91,55	17,27	170,06
tebuthiuron	23,35	181,17	15,37	91,11	16,97	167,26
diu + hexa	23,57	175,94	14,95	91,09	17,26	170,07
F trat	1,346 ^{ns}	0,752 ^{ns}	0,749 ^{ns}	0,435 ^{ns}	1,217 ^{ns}	1,307 ^{ns}
F bloco	3,537*	0,479 ^{ns}	0,477 ^{ns}	1,276 ^{ns}	2,207 ^{ns}	2,191 ^{ns}
CV (%)	0,87	3,41	3,22	1,02	1,82	1,7
DMS	0,2	6,14	0,49	0,94	0,31	2,9
	RB867515					
	Brix	Bolo	Fibra	Pza	Pc (pol)	Atr
testemunha	23,49	164,07 a	14 a	90,91	17,46	172,15
amicarbazone	23,51	166,05 a	14,16 a	90,81	17,41	171,68
tebuthiuron	23,60	164,93 a	14,04 a	90,99	17,55	172,92
diu + hexa	23,14	154,66 b	13,25 b	89,96	17,25	170,38
F trat	0,622 ^{ns}	3,957*	3,971*	1,584 ^{ns}	0,250 ^{ns}	0,199 ^{ns}
F bloco	0,258 ^{ns}	2,470***	2,294***	2,269***	0,490 ^{ns}	0,442 ^{ns}
CV (%)	2,69	3,97	3,71	1,03	3,54	3,41
DMS	0,63	6,53	0,52	0,94	0,62	5,95
	CTC 9					
	Brix	Bolo	Fibra	Pza	Pc (pol)	Atr
testemunha	23,36	174,23 a	14,81 a	92,40	17,39	168,17
amicarbazone	23,15	169,05 a	14,40 a	92,07	17,30	170,29
tebuthiuron	23,39	173,25 a	14,73 a	93,07	17,57	172,56
diu + hexa	23,32	160,17 b	13,69 b	92,42	17,72	174,19
F trat	0,194 ^{ns}	6,588**	6,559**	1,181 ^{ns}	0,731 ^{ns}	1,223 ^{ns}
F bloco	0,777 ^{ns}	0,876 ^{ns}	0,869 ^{ns}	1,311 ^{ns}	0,822 ^{ns}	1,144 ^{ns}
CV (%)	2,58	3,62	3,4	1,02	3,02	3,4
DMS	0,6	6,19	0,49	0,95	0,53	5,9
	CTC 17					
	Brix	Bolo	Fibra	Pza	Pc (pol)	Atr
testemunha	22,69	159,94 a	13,67 a	91,52	17,07	168,27
amicarbazone	22,95	161,11 ab	13,76 ab	91,76	17,29	170,26
tebuthiuron	22,83	157,59 a	13,48 a	92,03	17,34	170,73
diu + hexa	22,94	167,09 b	14,24 b	91,88	17,16	168,93
F trat	0,240 ^{ns}	2,540***	2,556***	0,269 ^{ns}	0,438 ^{ns}	0,447 ^{ns}
F bloco	0,831 ^{ns}	2,069 ^{ns}	2,064 ^{ns}	1,501 ^{ns}	0,607 ^{ns}	0,587 ^{ns}
CV (%)	3,67	3,85	3,6	1,1	2,62	2,47
DMS	0,61	6,29	0,5	1,02	0,45	4,24

amicarbazone (1260g i.a ha⁻¹), tebuthiuron (1040g i.a ha⁻¹), diuron + hexazinona (1170+330g i.a ha⁻¹). Brix= % de sólidos solúveis em caldo; Bolo=Peso do bagaço úmido; Fibra=Fibra da cana; Pc= pol da cana; PZA= pureza; ATR; Açúcar total recuperado significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t a 10%.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, em casa de vegetação os danos ocasionados pelos tratamentos herbicidas durante o início do desenvolvimento da cana-de-açúcar foram mais pronunciados, de acordo com a dose utilizada (a dose de 100% foi a mesma utilizada em campo). As reduções de ETR foram similares em campo e casa de vegetação, principalmente logo após a aplicação. O herbicida tebuthiuron mostrou-se sempre com menores quedas de ETR e o diuron + hexazinona com as maiores quedas em relação a testemunha.

Os parâmetros avaliados em casa de vegetação como altura, massa de matéria seca, teores de clorofilas e fitointoxicação, de maneira geral, foram sempre intensificados pelo aumento das doses de todos os herbicidas, no entanto, o herbicida tebuthiuron também foi o que causou menores níveis danos nestas variáveis. O herbicida diuron + hexazinona ocasionou os maiores danos e o amicarbazone apresentou um comportamento intermediário.

As diferenças nos níveis de fitointoxicação em casa de vegetação (intensa) e campo (ausente) pode ser relacionado às condições de confinamento do solo nos vasos e a condição climática atípica durante o experimento no campo com uma precipitação

anual de 650mm e consequentemente uma menor expressão de fitointoxicação, quando comparadas com a mesma dose utilizada em casa de vegetação.

Nos resultados do experimento de campo não foram encontrados efeitos negativos para nenhum dos herbicidas utilizados em nenhuma das variáveis avaliadas, o que demonstrou uma boa seletividade desses herbicidas nas condições estudadas e para as diferentes cultivares. Os herbicidas tebuthiuron e diuron + hexazinona promoveram aumento no número de colmos das cultivares RB867515 o que aparentemente causou inclusive incremento na produtividade desta cultivar por estes herbicidas. De maneira, geral as características tecnológicas indicam que a qualidade da cana-de-açúcar das diferentes cultivares não foram afetadas pelos herbicidas testados.

8. CONCLUSÃO

Em condições controladas, o herbicida tebuthiuron causou os menores níveis de redução da ETR, pigmentos fotossintéticos, fitotoxicidade, massa de matéria seca e altura das plantas das diferentes cultivares de cana-de-açúcar, seguido pelo amicarbazone, e diuron+hexazinona;

Os efeitos dos herbicidas na ETR, pigmentos fotossintéticos e fitotoxicidade foram muito mais intensos em casa de vegetação do que em campo para as diferentes cultivares;

No campo, os herbicidas tebuthiuron, amicarbazone e diuron+hexazinona foram seletivos para as diferentes cultivares e não causaram efeitos negativos na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar;

As reduções de ETR após a aplicação dos herbicidas não influenciaram a produtividade e características tecnológicas da cana-de-açúcar;

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASPOOR, M.; TEICHER H. B.; STREIBIG, J. C. The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curve parameters in sugar beet. **Weed Research**, Oxford, v. 46, p. 226-235, Jun. 2006.

AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Informações do registro de agrotóxicos e afins constantes – **MAPA**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: nov. 2014.

AKOBUNDU, I.O. **Weed Science in the tropics: principles and practices**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1987. 522 p.

ANDERSON, W.P **Weed Science principles**. Minnessota:West Publ., 1993.655p.

ANDERSON, W.P., **Weed Science** . 3ª edição. St. Paul, EUA:West Publishing Co., 1996, 373 p.

ARALDI, R. et al., Avaliação da intoxicação de Cultivares de cana-de-açúcar e *I. grandifolia* ao amicarbazone. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 869-875, 2011.

ARALDI, R. et al., Efeitos na taxa de transporte de electrons de plantas daninhas após aplicação de amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 647-653, jul./set. 2011a.

ARALDI, Rosilaine. Avaliação da absorção do amicarbazone e intoxicação em cana-de-açúcar e plantas daninhas. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciencias Agronômicas, Botucatu/SP.

ARSEGO, I.B. Sorção dos herbicidas diuron e hexazinona em solos de texturas contrastantes. 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)- Faculdade Ciências Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

AZANIA, A. A. P. M. et al., 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.

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; AZANIA, A.A.P.M. Plantas daninhas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VANCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p.465-490.

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; CASAGRANDE, A.A.; LAVORENTI, N.A.; AZANIA, A.A.P.M. Seletividade de herbicidas. II – Aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época das chuvas. *Planta Daninha*, v.23, p.669-675, 2005b

AZANIA, C.A.M.; ROLIM, J.C.; CASAGRANDE, A.A.; LAVORENTI, N.A.; AZANIA, A. A.P.M. Seletividade de herbicidas. III – Aplicação de herbicidas em pós-emergência

inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. **Planta Daninha**, v.24, p.489-495, 2006.

BACARIN, M.A.; MOSQUIM, P.R., Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciência Agrotécnica**, v.26, p.705-710, 2002

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

BALL, M. C. et al., Applications of chlorophyll fluorescence to forest ecology. **Functional Plant Biology**, v. 22, n. 2, p. 311-319, 1995.

BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.

BLANCO, F.M.G.; VELINI, E.D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.71-75, 2010.

CARVALHO, S. J. P. et al., Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, p.535-542, 2005.

CARVALHO, S. J. P. et al., Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agrícola**, v.66, n.1, p.136-142, 2009.

CASAGRANDE, A.A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CATANEO, A.C. Estudos fisiológicos e bioquímicos da ação do mefenpyr-diethyl na desintoxicação do herbicida fenoxaprop-p-ethyl em Cultivares de trigo *Triticum aestivum*

L.). 2001. 88f. Tese (Livre Docência em Ciências Biológicas/Área de Bioquímica). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. Sinal Verde, v.10, p12-14, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L. Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. Piracicaba, SP. 49 p. 2005.

CHRISTOFFOLETI, PEDRO J. et al., Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. 2008.

COLETI, J.T.; WALDER, L.A.M.; RODRIGUES, J.C.S. Estudo de espaçamentos em duas Cultivares de cana-de-açúcar: SP70-1143 e NA56-79. STAB, v.6, p.32-34, 1987.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira – Cana-de-açúcar Safra 2015/2015. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_28_08_52_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_2014-15.pdfAcesso em: nov. 2014.

CONSTANTIN, J. **Avaliação da seletividade do herbicida halosulfuron à cana-de-açúcar**. Botucatu, 1997, 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de CiênciaAgrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

CORRÊA, M.R. Dinâmica e eficácia da mistura formulada de diuron e hexazinane no sistema de produção de cana crua. 2006, 150p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

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, Viçosa, v.28, n.3, p.631-642, 2010.

CUMMINS, I.; COLE, D.J.; EDWARDS, R. Purification of multiple glutathione transferases involved in herbicide detoxification from wheat (*Triticum aestivum* L.) treated with the safener fenchlorazole-ethyl. *Pestic. Biochem. Physiol.*, v.59, p.35-49, 1997.

DAYAN, F. E.; ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Maryland Heights, v. 102, p.189-197, Mar. 2012.

DAYAN, F.E.; TRINDADE, M.L.B.; VELINI, E.D. Amicarbazone, a New Photosystem II Inhibitor. *Weed Science Society of America*, Champaign, v.57, n.6, p.579-583, 2009.

DIAS, N.M.P. et al., Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). *Planta Daninha*, v.21, n.2, p.293-300, 2003.

FAGLIARI J.R.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar. **Acta Scientiarum**, v.5, n.23, p.1229-1234, 2001.

FERREIRA, E. A. et al., Sensibilidade de Cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium+ ametryn. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 93-99, 2005.

FERREIRA, E. A. et al., Toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas** V.6, N.1, pág.84,2012.

FERREIRA, R. R. et al., Tolerância diferencial de Cultivares de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. <nota> **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.395-404, 2010.

FRANCONERE, R. Mercado de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia)-Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.

FUERST, E. P.; NORMAN, M. A. Interactions of herbicides with photosynthetic electron transport. **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 3, p. 458-464, Jul./Sep. 1991.

GALON, L. et al. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, p. 1083-1093, 2009.

GALON, L. et al., Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009a.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron-transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica Et Biophysica Acta**, v.990, p.87-92, 1989.

GIROTTTO, M. et al., Eficiência fotossintética da cana-de-açúcar após a aplicação dos herbicidas S-metolachlor e atrazine em pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.9, n.3, p.109-116, 2010.

GIROTTTO, M. et al., Eficiência fotossintética da cana-de-açúcar submetida à aplicação de atrazine e tebuthiuron em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v.10, n.2, p.134-142, 2011.

GRAZIANO, J.R. Espaçamento reduzido de plantio de cana na Usina Palmeiras S/A. **STAB**, v.7, p.28-32, 1988.

HATTON P. J. et al., Glutathione S-transferase activities and herbicide selectivity in maize and associated weed species. **Pestic. Sei.** 46, 267-275. 1996.

HATZIOS, K.K., Biotransformations of herbicides in higher plants. In: Grover, R. E Cessna, A.J (Eds). **Environmental Chemistry of Herbicides**. Boca Raton.EUA:Burguess Pub. Co., 1982. 142p.

HAVAUX, M.; NIYOGI, K.K. The violaxanthin cycle protects plantas from photooxidative damage by more than one mechanism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.96, p.8762-8767, 1999.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência do imazapic e imazapic + pendimethalin. *Planta Daninha*, v. 19, n. 3, p. 419-426, 2001.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. *Weed Science*, Champaign, v. 48 n. 2, p.160-170, Mar./Apr. 2000.

HESS, F. D.; WELLER, S. C. Principles of selectiveweed control with herbicides. In: *Herbicide Action: an intensive course of the activity, selective, behavior, and fate of herbicides in plants and soils*. West Lafayette: Purdue University, 2000. p. 112-134.

KORRES, N. E.; FROUD-WILLIAMS, R. J.; MOSS, S. R. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid diagnostic test of the effects of the photosynthetic inhibitor chlortoluron on two winter wheat Cultivares. *Annals of Applied Biology*, Oxford, v. 143, n. 1, p. 53-56, 2003.

KUVA, M.A. et al., Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). *Planta Daninha*, Viçosa, v.19, n.3, p.323-330, 2001.

KUVA, M.A. et al., Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. *Planta Daninha*, Viçosa, v.25, n.3, p.501-511, 2007.

LAISK, A.; LORETO, F. Determining photosynthetic parameters from leaf CO₂ exchange and chlorophyll fluorescence. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/ oxygenase specificity factor, dark respiration in the light, excitation distribution between photosystems, alternative electron transport rate, and mesophyll diffusion resistance. ***Plant Physiol***, v.110, p.903–912, 1996.

LICHTENTHALER, H.K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosintetic biomembranes. Methods Enzimology.** V.148, p.350-385, 1987.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 51, n. 345, p. 659-668, Apr. 2000.

MILES, C. D.; DANNIEL, D.J.A rapid screening technique for photosynthetic mutants of higher plants. *Plant Sci. Lett.*, v.1, p.237-240, 1973.

MIRANDA, José Roberto. *História da Cana-de-Açúcar*. Campinas/sp: Komedi, 2008. 167 p. (21 a 43).

MOHANTY, P.; GOVINDJEE. The slow decline and the subsequent rise of chlorophyll fluorescence transients in intact algal cells. *Plant Biochem. J.*, v.1, p.78-106, 1974.

MONQUERO et al. Seletividade de herbicidas em cultivares de cana-de-açúcar, **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.286-293, 2011.

MONTÓRIO, G. A., et al., Seletividade de herbicidas sobre as características de produção da cana-de-açúcar utilizando-se duas testemunhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 4, n. 1 (2005).

MORAIS, R. R. et al., Chloroplastid pigment contents and chlorophyll a fluorescence in amazonian tropical three species. **R. Árvore**, v. 31, n. 5, p. 959-966, 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, p.567-575, 2004.

OLIVEIRA JR, R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 7, p. 141-192.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. cap. 9, p. 1-16 . 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, Rubem Silvério de; INOUE, Mirian Hiroko. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Mirian Hiroko. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 22. ed. Curitiba: Omnipax, 2011. Cap. 10. p. 243-261.

OLIVEIRA, A.R.; FREITAS, S.P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v.26, n.1, p.33-46, 2008.

OLIVEIRA, JR., R.B.; CONSTANTIN, J. Plantas Daninhas e seu Manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. 362 p.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparisons of sun shade plants. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Ed.). *Photoinhibition and photosynthesis: from molecular mechanisms to the field*. Oxford: Bios Scientific Publisher, 1994, p. 1-24.

PEDRINHO JR., A.F.F; DURIGAM, J.C. Controle de Capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 2, n. 3, p. 23-29, 2001.

PEÑAHERRERA-COLINA, Luis Antonio et al., Persistência biológica de ametryn, diuron e oxyfluorfen no solo. **Ci. Agrotecnol**, v. 29, n. 5, p. 980-985, 2005.

PEREZ-JONES, A.; INTANON, S.; MALLORY-SMITH, C. Molecular analysis of hexazinona-resistant shepherd's-purse (*Capsella bursapastoris*) reveals a novel psbA mutation. **Weed Science**, Champaign, v. 57, n. 6, p. 574-578, 2009.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 11 n. 129 p. 16 – 27, 1985.

PITELLI, R.A., DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: SBHDE, 1984.p.37.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 61, p. 317–347, Jun. 2010.

PRIORI, L.D.; EAMUS, D.; BOWNAN, D.M.J.S. Leaf attributes in the seasonally dry tropics: a comparison of four habitats in northern Austrian. **Functional ecology**, v. 1, n. 17, p. 504-515, 2003.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; PIRES, F. R.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; SANTOS, E. A.; FERREIRA, L. R. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de solos contaminados com o herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Viçosa v. 22, n. 2, p. 315-322, 2004.

PROCÓPIO, S.O. et al., Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150p.

RICHARD JR, E.P.; GOSS, J.R.; ARNTZEN, C.J.; SLIFE, F.W. Determination of herbicide inhibition of photosynthetic electron transport by fluorescence. **Weed Science**, v.31, p.361-367, 1983.

RITCHIE, G. A. Chlorophyll fluorescence: what is it and what do the numbers mean? In: RILEY, L. E.; DUMROESE, R. K.; LABDIS, T. D. (coords). National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2005. Proc. RMRS-P-43. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2006. p. 34-44.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 6.ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697p.

RODRIGUES, João Domingos. Fisiologia da cana-de-açúcar. **Botucatu: Instituto de Biociências–Universidade Estadual Paulista**, 1995.

ROLIM, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana-planta de ano. *Saccharum*, São Paulo, v. 5, n. 22, p. 21-26, 1982.

ROSSI, C.V.S. Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar. 2004, 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SANTOS, G et al., Eficácia e seletividade do herbicida imazapic isolado ou associado a outros herbicidas aplicado com e sem cobertura de palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 3, p. 75-84, 2010.

SCHIAVETTO, Ana Regina. Tolerância de cana-de-açúcar a herbicidas avaliada pela diferença testemunha pareada e tratamento. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 73p. 2010.

SCHIAVETTO, A. R. et al., Sugarcane tolerance to herbicides based on the difference between treatments. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 173-184, 2012.

SILVA, A. F. et al. Efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência no crescimento Cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010.

SILVA, I.A.B. et al., Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. *Planta Daninha*, Viçosa, v.27, n.2, p.265-272, 2009.

SKÓRSKA, E.; MURKOWSKI, A. Comparison of susceptibility of crop oat cv.AKT and wild oat leaves to Dicuran 80 WP in mixture with two adjuvants, measured by chlorophyll fluorescence. **Acta Agrophysica**, v.14, p.463-468, 2009.

SKÓRSKA, E.; SWARCEWICZ, M. Comparison of some adjuvants efficacy with azoprim and buramet using chlorophyll fluorescence. **Communications in agricultural and applied biological sciences**, v. 71, n. 2 Pt A, p. 141-146, 2005.

SOARES, R. O. et al., HERBICIDAS DE DIFERENTES MECANISMOS DE AÇÃO E A SELETIVIDADE A CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Nucleus**, v.8, n.1, abril 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.

Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, 1995. 42 p.

SOUZA, J. R. et al., TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR A HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 941-951, 2009.

TOLEDO, R.E.B. et al., Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.2, p.319-326, 2009.

TORRES, L. G.et al., 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.

TREBST, A. The mode of action of triazine herbicides in plants. In: LeBARON, H. M. et al., The triazine herbicides, 50 years revolutionizing agriculture. Oxford: Elsevier, 2008. p. 101-110.

TREBST, A. The molecular basis of resistance of photosystem II inhibitors. In: CASELEY, J. C.; CUSSANS, G. W.; ATKIN, R. K (Ed.). Herbicide resistance in weeds and crops. Boston: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 145-164.

VAN OORSCHOT, J.L.P., VAN LEEUWEN, P.H. Use of fluorescence induction to diagnose resistance of *Alopecurus myosuroides* Huds. (black-grass) to chlortoluron **Weed Res.**, v.32, p.473–482, 1992.

VELINI, E. D. et al., Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré e pós-emergência, a dez Cultivares de cana-de-açúcar (cana planta). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 123-134, 2000.

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

VIEIRA, DA de P. et al., Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

WIXSON, M. B.; SHAW, D. R. Use of AC 263,222 for sicklepod (*Cassia obtusifolia*) control in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, v. 5, p. 276-279, 1991.

ZERA, F. S. et al., Tolerância de diferentes Cultivares de cana-de açúcar (*Saccharum Spp.*) a herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 591-599, 2011.

ZHANG, C. et al., The effect of imazethapyr on soil microbes in soybean fields in northeast China. *Chemistry and Ecology*, v. 26, n. 3, p. 173-182, 2010.

10.ANEXO

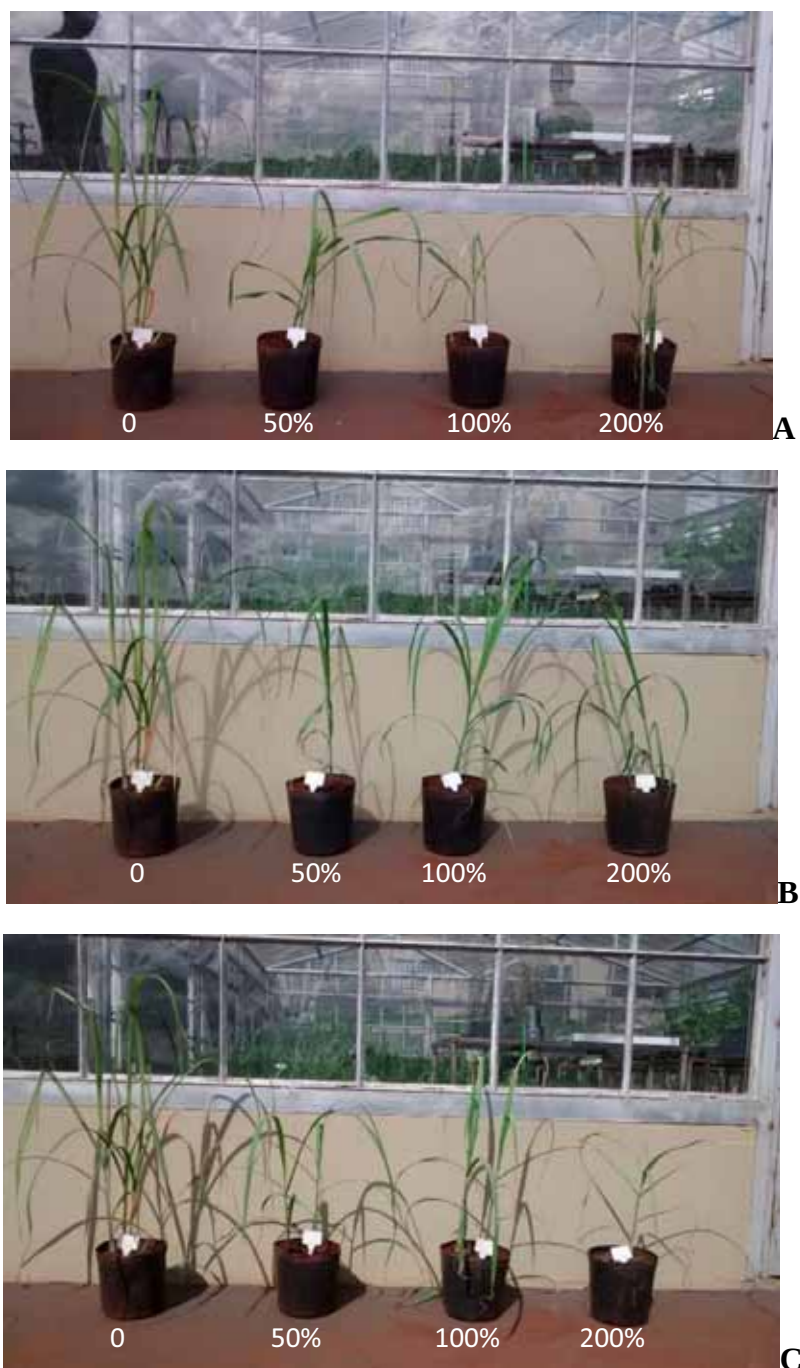


Figura 14. Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 17 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015.

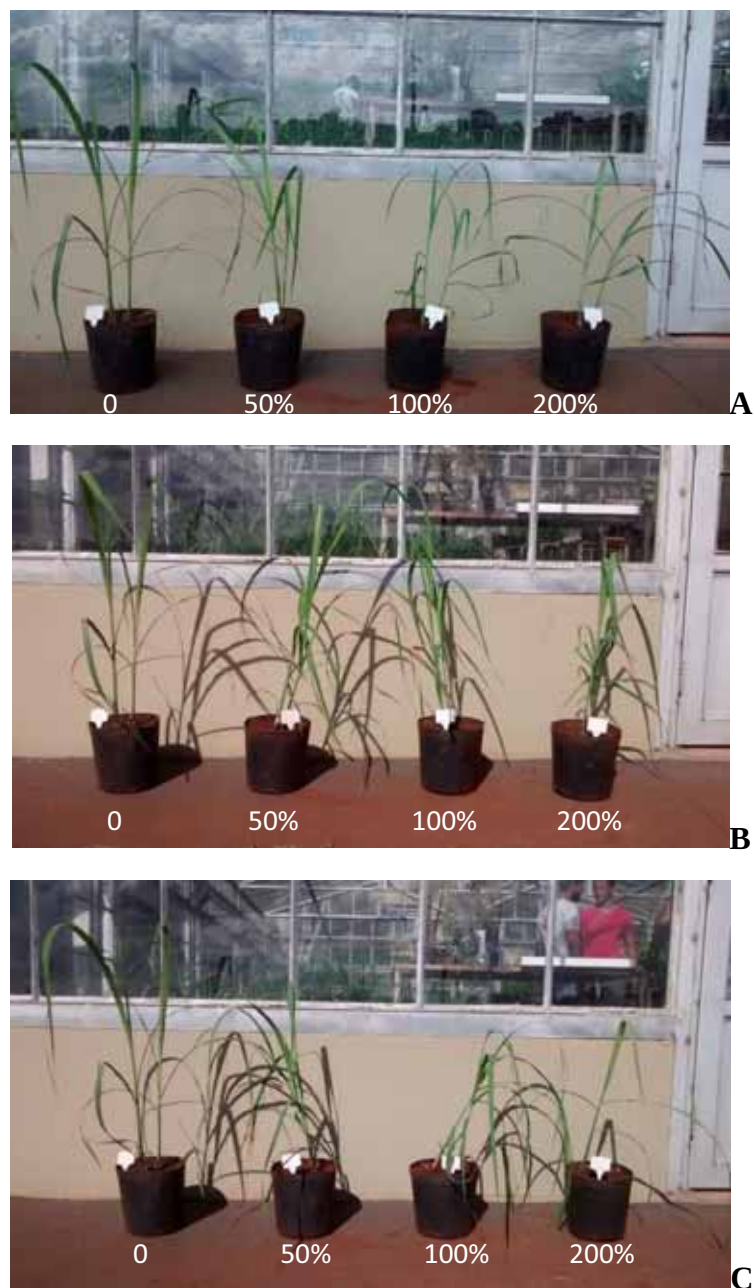


Figura 15. Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 9 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015.

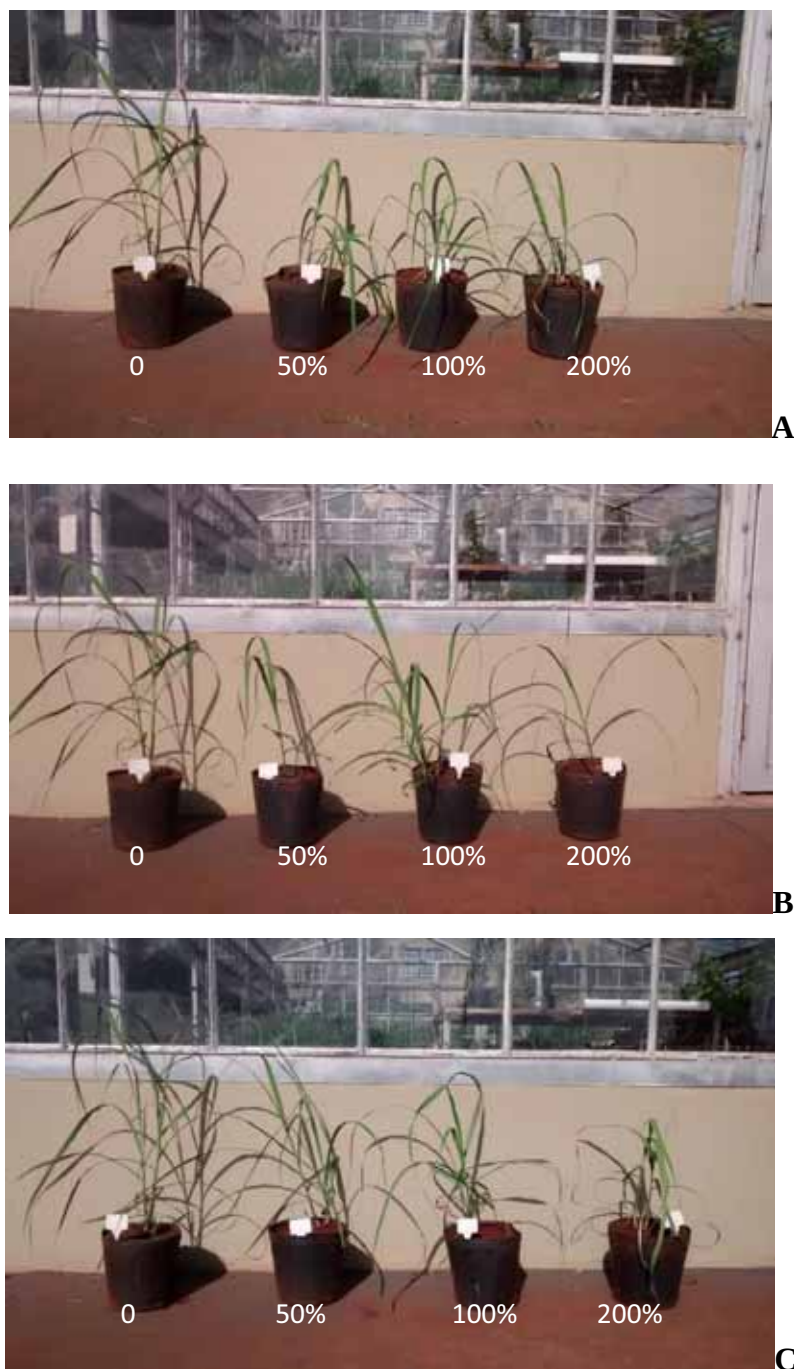


Figura 16. Plantas de cana-de-açúcar cultivar CTC 4 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015.

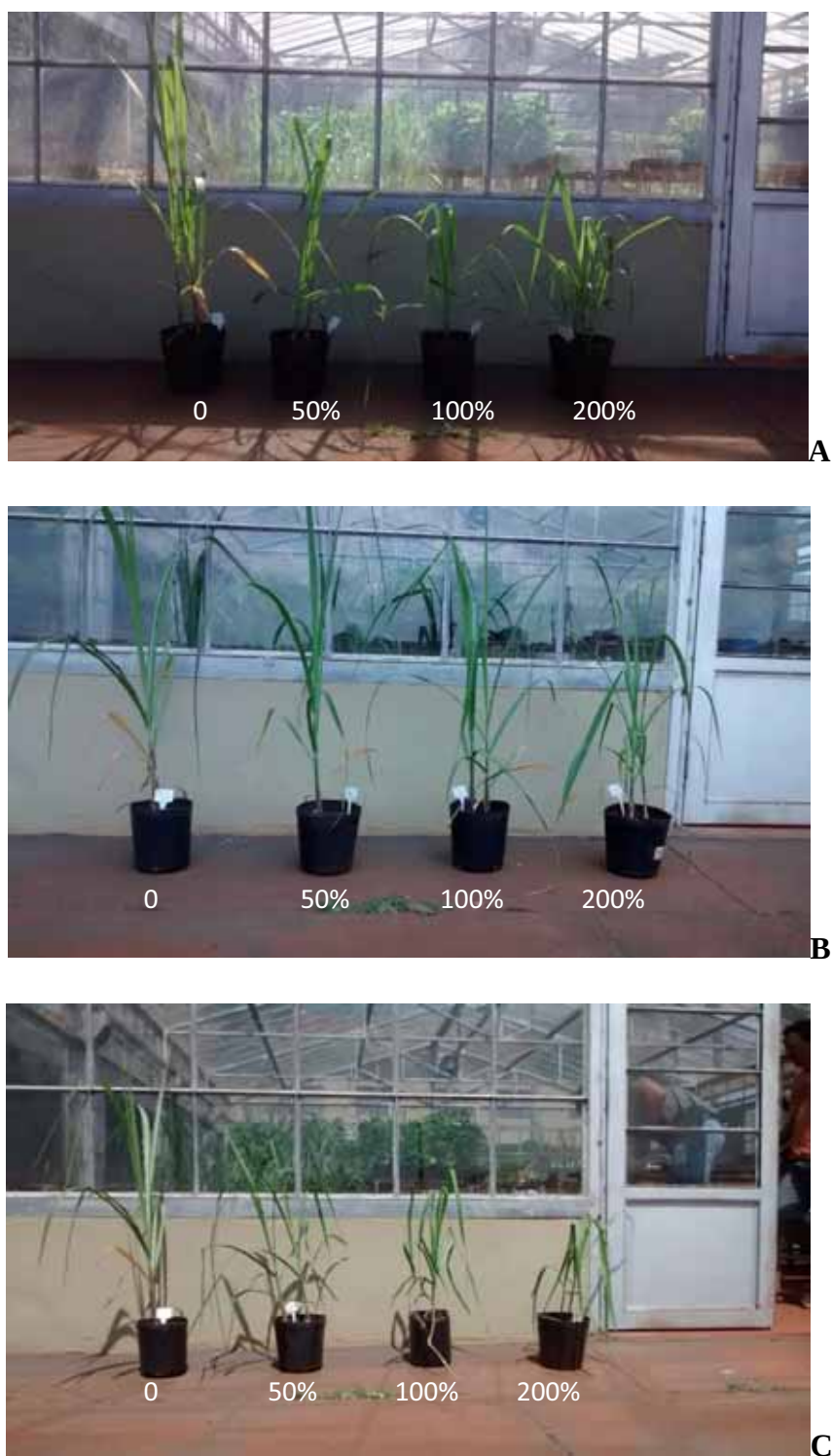


Figura 17. Plantas de cana-de-açúcar cultivar RB867515 aos 28 DAA, nas respectivas doses, amicarbazone (100%) 1260 g i.a ha⁻¹ (A), tebuthiuron (100%) 1040 g i.a ha⁻¹ (B) e diuron + hexazinona (100%) 1170 + 330 g i.a ha⁻¹ (C). Botucatu/SP, 2015.

