

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ HENRIQUE MORAIS FRANCHINI

Seletividade de herbicidas aplicados em sistemas de produção de cana-de-açúcar  
com e sem queima da palha

Maringá

2016

LUIZ HENRIQUE MORAIS FRANCHINI

Seletividade de herbicidas aplicados em sistemas de produção de cana-de-açúcar  
com e sem queima da palha

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Proteção de Plantas.  
Orientador: Prof. Dr. Jamil Constantin

Co-Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério  
de Oliveira Jr.

Maringá

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR, Brasil)

F816s Franchini, Luiz Henrique Morais  
Seletividade de herbicidas aplicados em sistemas de produção de cana-de-açúcar com e sem queima da palha / Luiz Henrique Morais Franchini. -- Maringá, PR, 2016.  
ix, 65 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.  
Coorientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

1. Herbicidas. 2. Cana-de-açúcar - Cultura. 3. Fitointoxicação. I. Constantin, Jamil, orient. II. Oliveira Júnior, Rubem Silvério de, orient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 23.ed. 632.954

## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIZ HENRIQUE MORAIS FRANCHINI

### **SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR COM E SEM QUEIMA DA PALHA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

#### COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Jamil Constantin  
Presidente

---

Prof. Dr. Cássio Antonio Tormena  
Membro

---

Prof. Dr. Cleber Daniel de Goes Maciel  
Membro

---

Prof. Dr. Heroldo Weber  
Membro

---

Prof. Dr. Hugo Zeni Neto  
Membro

Aprovado em: 29/04/2016

## DEDICATÓRIA

A minha mãe Geni Marcolino Moraes, meus avós José Franchini, Lourdes Camilo Franchini e Emidio Marcolino de Moraes (*in memoriam*), pela educação, por todos os valores que me passaram, pelo apoio incondicional em toda a minha vida, principalmente nos momentos mais difíceis e pela motivação para alcançar mais este objetivo,

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me proteger e guiar pelas melhores oportunidades da vida dando-me discernimento para aproveitá-las.

A minha família Franchini, Marcolino e Moraes pela motivação e apoio em todos os momentos da minha formação.

Agradeço minha namorada e amiga Izabel Aparecida da Silva por estar sempre do meu lado apoiando e motivando para que eu alcançasse todos os meus objetivos.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), em especial ao Departamento de Agronomia (DAG) e Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA), por minha formação.

Ao amigo Professor Dr. Jamil Constantin pelo apoio e orientação neste trabalho. Agradeço pelos conselhos, profissionalismo, competência e exemplo de pessoa, com o qual, além de conhecimentos técnicos, aprendi também lições de vida.

Ao amigo Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior pela co-orientação, amizade, colaboração, oportunidade e pelas suas contribuições a minha formação pessoal e profissional.

Ao amigo Professor Dr. Denis Fernando Biffe pela amizade e colaboração nos trabalhos e pelas suas contribuições à minha formação pessoal e profissional.

A o CNPq, pela bolsa de estudos concedida em nível de graduação e de mestrado.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida em nível de doutorado.

Aos amigos do curso de pós-graduação e graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

Aos amigos Fabiano Aparecido Rios, Guilherme Braga Pereira Braz e Eliezer Antonio Gheno pela amizade e auxílio na condução do experimento.

Ao Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas (NAPD/UEM) e seus membros e egressos Alessandra Constantin Francischini, Alexandre Gemelli, André Fillipe K. Colevate, Antonio Mendes de Oliveira Neto, Célio Tiago Botaro Paschoalino de Souza Bonacin, Diovan Vieira dos Santos, Felipe Guilherme Ferreira Fornazza, Gines Ortega Peres Neto, Jethro Barros Osipe, João Carlos Padovese, Leandro Reis de Almeida, Leonardo Diotto Pasquini, Michel Alex Raimondi, Murilo Diotto Pasquini, Naiara Guerra, Pedro Etges Martini, Ricardo Travasso Raimondi, Rodrigo Franciscon Gomes da Cruz, Rudy Segati Junior, Vinícius Diniz Barizon Gonçalves, Vinicius Polesel Silva pelo apoio nesta parte da minha vida de graduando e pós-graduando.

## EPÍGRAFE

" O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer."

(Albert Einstein)

## Seletividade de herbicidas aplicados em sistemas de produção de cana-de-açúcar com e sem queima da palha

### RESUMO

O setor sucroalcooleiro é muito importante para o Brasil, com sua atuação remetendo desde o início da colonização até os dias atuais, com produção de alimentos e de energia limpa e renovável. O trabalho teve por objetivo elucidar questões relacionadas à seletividade de herbicidas nos sistemas de cultivos atuais de cana-de-açúcar, tais como: aplicação em cana com queima e sem queima; aplicação antes da rebrota (pré-emergência - PRÉ) ou após a rebrota (pós-emergência da cana - PÓS) e aplicação de herbicidas isolados ou em mistura. Para essa finalidade foram conduzidos quatro experimentos na Fazenda Olívio, localizada no município de Ourizona – PR. Os tratamentos dos quatro experimentos foram dispostos utilizando a metodologia de testemunhas duplas, com o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os herbicidas amicarbazone, clomazone, [diuron+hexazinone +sulfometuron-methyl], [diuron+hexazinone], flumioxazin, hexazinone, isoxaflutole, sulfentrazone e tebuthiuron foram aplicados isoladamente e em mistura, PRÉ e PÓS, nos sistemas de produção de cana colhida com e sem a queima da palha. Conclui-se que o sistema de cultivo de sem queima foi mais sensível do que o sistema de cana com queima à aplicação de herbicidas em PRÉ ou PÓS. As aplicações em PRÉ foram mais seletivas do que aplicações em PÓS, sendo que herbicidas que reduzem a produtividade quando utilizados isoladamente também o fazem mesmo em menor dose do que quando utilizados em mistura.

**Palavras-chave:** fitointoxicação, *Saccharum officinarum*, misturas em tanque, produtividade.

# Selectivity of herbicides applied in sugarcane production systems with and without straw burning

## ABSTRACT

The sugarcane industry is very important for Brazil, with its working referring since the beginning of colonization to the present day, with food, and clean and renewable energy production. This study aimed to clarify some issues related to the selectivity of herbicides in the current crop of sugarcane systems, such as application cane burning and cane raw; application before regrowth (pre-emergence - PRE) or after sprouting (post-emergence of the sugar cane - POST); applying herbicides isolated or in tank mixtures. For this purpose four experiments were conducted in Olivio Farm, located in the municipality of Ourizona - PR. The treatments were arranged following in “double check” methodology and randomized block desing with four replications. Herbicides amicarbazone, clomazone, [diuron + hexazinone + sulfometuron-methyl], [diuron + hexazinone], flumioxazin, hexazinone, isoxaflutole, sulfentrazone and tebuthiuron were applied alone and in combination, in PRE and POST in the system raw cane cultivation and cane burning. We concluded that the cane raw cultivation system is more sensitive than the burning cane system for applying herbicides PRE or POST. Applications PRE are more selective than applications POST and to herbicides that reduce productivity when used alone tend to reduce productivity even in lower doses when used in combination.

**Key-words** crop injury, *Saccharum officinarum*, tank mixtures, yield.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	3
2.2. MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR .....	6
2.3. SELETIVIDADE DE HERBICIDAS .....	8
2.4. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE SELETIVIDADE DE HERBICIDAS.....	10
2.5. CARACTERÍSTICA DOS HERBICIDAS UTILIZADOS.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL .....	16
3.1. DEFINIÇÕES UTILIZADAS NO PRESENTE TRABALHO .....	16
3.2. MANUTENÇÃO DAS ÁREAS E APLICAÇÕES DOS TRATAMENTOS COM HERBICIDAS .....	17
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	17
3.4. VARIÁVEIS RESPOSTA AVALIADAS .....	18
3.5. DADOS CLIMÁTICOS LOCAIS.....	20
4. EXPERIMENTOS 1 E 2 HERBICIDAS ISOLADOS APLICADOS NA MODALIDADE SOCA NA ÉPOCA SECA NOS SISTEMAS CANA COM E SEM A QUEIMA DA PALHA .....	22
4.1. OBJETIVO .....	22
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.4. SUMARIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA OS EXPERIMENTOS 1 E 2.....	33
5. EXPERIMENTOS 3 E 4 MISTURAS EM TANQUE DE HERBICIDAS APLICADOS NA MODALIDADE CANA-SOCA NA ÉPOCA SECA NOS SISTEMAS CANA COM E SEM QUEIMA DA PALHA .....	35
5.1. OBJETIVO.....	35
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.4. SUMARIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA OS EXPERIMENTOS 3 E 4.....	45
6. DISCUSSÕES GERAIS.....	47
6.1. APLICAÇÕES EM PRÉ <i>VERSUS</i> APLICAÇÕES EM PÓS: .....	47
6.2. APLICAÇÕES EM CANA COM QUEIMA <i>VERSUS</i> APLICAÇÕES EM CANA SEM QUEIMA: .....	48
6.3. APLICAÇÃO DE HERBICIDAS ISOLADOS <i>VERSUS</i> APLICAÇÕES DE MISTURAS EM TANQUE: .....	49
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	51
8. CONCLUSÕES.....	52
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
ANEXO .....	59
PROCEDIMENTO PARA INSTALAÇÃO E ANÁLISE DE EXPERIMENTOS NO SISTEMA DE TESTEMUNHA DUPLA.....	60
FORMA DE INSTALAÇÃO E COLETA DE DADOS .....	60

CARACTERISTICAS VARIEDADE RB 867515 ..... 64

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O setor sucroenergético é muito importante para o Brasil, com sua história remetendo ao início da colonização, passando pelo período do império e se estendendo até os dias atuais, onde ganha cada vez mais força com os incentivos para produção de energia limpa e renovável. O cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) para fins comerciais teve seu início com um sistema de cultivo completamente manual desde os tratos culturais até seu processamento nos engenhos visando a produção de açúcar. Um cenário muito diferente do atual, onde todo setor sucroenergético vem se modernizando para atender a alta demanda dos produtos extraídos da cana-de-açúcar tais como açúcar e etanol, além de bioeletricidade e etanol de segunda geração. Esta alta demanda por bioenergia favoreceu a expansão de áreas cultivadas, estando a cultura presente praticamente em todas as regiões produtoras do Brasil. Com a crescente mecanização da cultura da cana, vários sistemas de cultivo e tratos culturais foram desenvolvidos. Um dos sistemas desenvolvidos foi o de manejo de plantas daninhas, que ocupa grande fração do custo de produção, uma vez que é majoritariamente realizado com uma variedade de herbicidas e maquinários.

A competição das plantas daninhas com a cana-de-açúcar pode resultar em significativos prejuízos para cultura, tanto na sua produtividade, na qualidade do produto final e nas condições para colheita. Assim, o emprego de herbicidas é uma ferramenta indispensável para manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.

Os herbicidas são substâncias químicas que promovem a morte das plantas daninhas, mas que devem causar poucos danos à cultura. Esse é um dos princípios para que um herbicida seja seletivo a cultura. Para a cana-de-açúcar, muitos dos herbicidas tem seletividade por posição, ou seja, tanto os toletes no plantio como as raízes e touceiras após o corte estão a uma certa profundidade do solo, distante das moléculas de herbicidas aplicadas na superfície do solo. Assim os herbicidas tendem a ser seletivos para a cultura desde que a aplicação seja realizada antes de qualquer brotação. Muitos trabalhos na década de 90 constataram que aplicações antes da brotação são mais seletivas à cultura e que aplicações realizadas após a brotação podem promover redução de produtividade. A maioria das colheitas nesse período necessitava de queima da palha (cana-queimada) antes da colheita manual. As moléculas disponíveis nesse

período eram caras, o que favorecia o uso mais racional de herbicidas, empregando apenas as doses recomendadas em bula, o que garantia maior seletividade a cultura.

Atualmente, as pressões ambientais e a escassez de mão-de-obra para colheita manual, acarretaram aumento do emprego de maquinário para colheita, reduzindo a necessidade de queima da palhada, gerando como resíduo de colheita uma espessa camada de palha no solo. Esta camada de palha mudou completamente a dinâmica de plantas daninhas nos canaviais, bem como o comportamento dos herbicidas nesses ambientes. Outro ponto interessante da atualidade é a redução do preço dos herbicidas. Isto favoreceu a utilização de doses de herbicidas isolados ou em misturas em tanque visando aumentar o espectro de controle das plantas daninhas. Portanto, necessita-se esclarecer qual o nível de prejuízo causado pelas aplicações de herbicidas em diferentes modalidades e em diferentes sistemas de cultivo da cana-de-açúcar.

Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo elucidar algumas questões relacionadas à seletividade de herbicidas nos sistemas de cultivos atuais de cana-de-açúcar, tais como: aplicação em cana com queima e sem queima; aplicação antes da rebrota (pré-emergência) ou após a rebrota (pós-emergência da cana); aplicação de herbicidas isolados ou em mistura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A cultura da cana-de-açúcar

Segundo Barbosa e Silveira (2006), o cultivo da cana-de-açúcar é considerado uma das primeiras atividades de importância nacional, ocupando posição de destaque na economia brasileira. Ao longo de quase cinco séculos de exploração, a cana-de-açúcar desempenhou sucessivos papéis na economia brasileira: fortaleceu o período colonial e, baseado no trabalho escravo, sustentou o Império. Deu origem a indústrias e destacou a nação como exportadora de açúcar; alavancou o desenvolvimento de áreas do Nordeste brasileiro e, mais tarde, também do Centro-Sul. Ainda, forneceu uma fonte alternativa ao petróleo na geração de combustível. Foi nesse contexto que a cana-de-açúcar se estabeleceu no Brasil (PIMENTA e SPADOTTO, 1999).

A importância da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) pode ser atribuída à sua elevada capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes edafoclimáticos e, principalmente, à sua múltipla utilização. Dentre as diversas formas de emprego, ela pode ser usada *in natura*, como forragem para a alimentação animal ou humana, ou como matéria-prima para a fabricação de alimentos, fármacos, bebidas alcoólicas e combustíveis. Com relação a esse último item, a sua importância vem se tornando crescente em todo o mundo em decorrência da constante demanda por fontes alternativas de energia, e pela possibilidade de redução da oferta, da elevação dos custos de extração e de processamento e, até mesmo, do esgotamento de recursos naturais não-renováveis como o petróleo e o carvão mineral. Associada a essa exigência de novas fontes de energia para suprir a demanda está a necessidade de se produzir combustíveis que tragam menores problemas ambientais. Esses fatores têm estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias alternativas para a composição de um novo modelo de matriz energética. Nesse contexto, a conversão da biomassa da cana-de-açúcar em etanol tem-se mostrado uma alternativa importante para a substituição de combustíveis não-renováveis como o petróleo (VASCONCELLOS e VIDAL, 1998).

Em 1758, Linneu descreveu a cana-de-açúcar como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*. O gênero *Saccharum* ao qual pertence a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é apresentado por Matsuoka et al. (1999) como integrado à família Poaceae, tribo Andropogoneae, sendo uma espécie alógama de ciclo perene naturalmente e semiperenes

quando cultivada. A classificação taxonômica mais completa e aceita atualmente inclui a cana-de-açúcar na família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Andropogoneae, subtribo Saccharinae, grupo Saccharastrae e gênero *Saccharum* (DANIELS & ROACH, 1987).

No Brasil as primeiras variedades foram desenvolvidas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e foram nomeadas de IAC36-25 e IAC47-31 (FIGUEIREDO, 2008; FERREIRA, 2010). Vários outros programas de melhoramento foram criados no Brasil, sendo os mais importantes representados por: PLANALSUCAR [atualmente denominado RIDESA e detentora das variedades RB (República do Brasil)]; COPERSUCAR [detentora das variedades SP (São Paulo) e que atualmente é chamado de Centro de Tecnologia Canavieira desenvolvendo variedades com prefixo CTC.

A cana-de-açúcar, em função do seu ciclo perene, sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano. A cana-de-açúcar tem como condições ideais para o seu cultivo os períodos quentes e úmidos, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguido de um período seco durante as fases de maturação e colheita (ALFONSI et al., 1987). No que se refere aos fatores climáticos para a produção da cana-de-açúcar, a temperatura tem um grande destaque. A temperatura basal para a cana-de-açúcar está em torno de 20°C. A temperatura ótima situa-se entre 22 a 30°C, sendo que nestas condições a cultura apresenta seu máximo crescimento. Acima de 38°C não há crescimento (BARBIERI & VILLA NOVA, 1977; DOOREMBOS & KASSAN, 1979; MAGALHÃES, 1987).

Uma característica muito importante na cultura da cana-de-açúcar é o seu sistema radicular que pode atingir até 5,0 m de profundidade, mas em áreas irrigadas 100% da água é extraída de 1,2 m a 2,0 m de profundidade e a distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em peso) de raízes nos primeiros vinte centímetros de profundidade e 85% até os sessenta centímetros de profundidade do solo (BLACKBURN, 1984). Casagrande (1991) relata que ao mesmo tempo que vai havendo a brotação das socas, um novo sistema radicular é formado e algumas raízes vivas seriam importantes para alimentar os rebentos na fase inicial de desenvolvimento.

Para Sampaio et al. (1987), deve-se dar maior importância ao sistema radicular, porque é ele que serve de reserva de nutrientes para a rebrota das socas. O mesmo autor ainda identificou que 75% da massa radicular estava localizada nos primeiros 20 cm superficiais e 55% estavam a menos de 30 cm do centro da touceira. No trabalho de Alvarez et al. (2000)

constata-se nos parâmetros avaliados uma tendência de uma maior concentração de raiz na camada mais superficial (0-20 cm) em cana sem queima do que em cana com queima.

A disponibilidade hídrica é também um fator importante na oscilação anual de produtividade da cultura da cana-de-açúcar. Segundo Scardua & Rosenfeld (1987) o consumo de água também varia em função do estágio fenológico, do ciclo da cultura (cana-planta ou cana-soca), das condições climáticas, da água disponível no solo, entre outros fatores.

O desenvolvimento inicial e o fechamento da parte aérea das cultivares de cana-de-açúcar estão também relacionadas às condições do balanço hídrico climático, exigindo o conhecimento dos índices pluviométricos (milimétricos) necessárias para organizar as atividades agrícolas, podendo estas variar de região para região. A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (ALMEIDA, 2001). De acordo com Camargo & Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática (PEDRO JÚNIOR et al., 1994).

Outro ponto importante na variabilidade de produtividade de cana-de-açúcar é a época e período de colheita. Jayabal & Chockalingam (1990), estudando efeitos de época de colheita na produção e qualidade de matéria prima, observaram que, retardando a colheita de 10 para 12 meses, ocorreu um incremento na produção de 97 para 119,9 t ha<sup>-1</sup> e de 10,0 para 11,2 % de Pol.

Procópio et al. (2003) concluíram que com a tendência de aumento das áreas de cana-de-açúcar colhidas sem a tradicional queima, seja por imposições por parte da legislação ou por conscientização ambiental, o manejo de plantas daninhas nessas áreas irá apresentar significativas mudanças. A implantação do sistema de colheita da cana-de-açúcar (cana-queimada ou cana-crua) proporciona alguns fatores agronomicamente benéficos, como: diminuição de processos erosivos; melhor conservação da água do solo; aumento da matéria orgânica do solo; aumento da atividade microbiana do solo; melhoria das propriedades físicas e químicas do solo; redução do acamamento dos colmos; diminuição da infestação de plantas daninhas; bem como evita-se a perda de açúcares via exsudação dos colmos durante e/ou logo após a queima.

Para o manejo de plantas daninhas nos sistemas de produção de cana considera-se quatro diferentes épocas para aplicação de herbicidas em função das condições de umidade do

solo. Para o Estado de São Paulo, no início da safra (abril-junho) as chuvas começam a ficar mais escassas, mas ainda existe estoque de umidade do solo resultante das chuvas de verão e os talhões colhidos nesta época são denominados “soca semi-seca”. Em seguida, nos meses de junho a agosto ocorre um período de estiagem e o solo se encontra com baixa umidade, estes talhões colhidos são denominados “soca-seca”. Em meados de setembro as chuvas recomeçam, há a reposição da umidade no solo constituindo-se a “soca semi-úmida”. Com a estabilização das chuvas, constitui-se a “soca-úmida” de final de safra, que vai até dezembro (FERREIRA, 2009).

## **2.2. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar**

Um dos pontos mais críticos no processo produtivo da cana-de-açúcar é, sem dúvida, a interferência negativa imposta pelas plantas daninhas, as quais podem interferir diretamente sobre a cultura, competindo por fatores limitados do meio em que convivem ou liberando aleloquímicos. Indiretamente, podem ser hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematóides (PITELLI, 1985). Causam, ainda, reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminuindo o número de cortes economicamente viáveis do canavial (Kuva, 1999). Esta redução se dá devido a agressividade e competição destas plantas daninhas com a cultura pelos recursos do meio (PITELLI, 1985), além de dificultar as operações de colheita. Kuva et al. (2001) relataram perdas de 82% na produtividade do canavial, quando havia alta infestação de *Brachiaria decumbens*.

A intensidade de interferência da comunidade infestante sobre uma cultura agrícola depende de (i) fatores ligados à própria cultura, como a variedade, espaçamento e densidade de plantio, (ii) fatores ligados à comunidade infestante, como composição específica, densidade e distribuição dos indivíduos na lavoura e (iii) da época e extensão do período em que a cultura e a comunidade infestante estiveram em convivência. Além disso, a interação lavoura e comunidade infestante pode ser influenciada por condições edafoclimáticas locais e pelas práticas culturais empregadas no preparo e manejo do solo e da cultura em si (PITELLI, 1985). De maneira geral, pode-se dizer que, quanto maior for o período de convivência mútua, comunidade infestante e cultura, maior será o grau de interferência (HERNANDEZ et al., 2001).

Kuva et al. (2001), em experimento de matocompetição em uma área predominantemente infestada por *Brachiaria decumbens*, obtiveram um período crítico de prevenção à interferência (PCPI) iniciando-se aos 89 dias após o plantio e estendendo-se até 138 dias. Constantin (1993), também em condições de infestação com capim-braquiária, mas na época das chuvas, obteve período anterior a interferência (PAI) de zero a 70 dias e um período total de prevenção da interferência (PTPI) de zero a 49 dias, dispensando períodos residuais de controle. Kuva et al. (2000) conduziram outro ensaio na mesma época, porém com infestação de tiririca, e constataram ausência de PCPI, recomendando práticas de controle desprovidas de períodos residuais.

O controle dessas plantas nos canaviais é prática obrigatória, e o principal método de controle descrito por Hernandez et al. (2001) é o químico. Esse método é facilitado pela utilização em grandes áreas plantadas e com alta eficiência, aliado ao baixo custo, quando comparado com outros métodos de controle (GALON et al., 2009), além de existir no mercado grande diversificação de herbicidas registrados para o uso na cultura da cana. Segundo Lorenzi (1995), a presença de plantas daninhas na lavoura de cana-de-açúcar pode acarretar aumento nos custos de produção em até 30% em cana-soca e de 15 a 25% em cana-planta. Assim o manejo de plantas daninhas em lavouras de cana é imprescindível de modo que devido às grandes extensões de áreas cultivadas e eficácia do método, os herbicidas são amplamente utilizados na cultura da cana (PEDRINHO & DURIGAN, 2001).

A eficácia de um herbicida no manejo destas plantas daninhas depende de diversos fatores como as características físico-químicas e dose do herbicida, a espécie a ser controlada (características estruturais próprias), o estágio de desenvolvimento e a biologia da planta daninha, o estágio de desenvolvimento da cultura, as técnicas de aplicação, os fatores ambientais no momento e após a aplicação dos herbicidas, além das características físico-químicas do solo para os herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura (PRÉ). Esses fatores interagem constantemente, provocando diferenças nos resultados observados (SOARES et al., 2008).

Cabe destacar que durante a estação chuvosa o controle químico de plantas daninhas é mais eficaz, pois a água disponível no solo e o intenso desenvolvimento das plantas daninhas favorecem a absorção dos herbicidas. No entanto, como nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a colheita de cana-de-açúcar inicia-se entre Abril/Maio estendendo-se até Novembro/Dezembro do ano agrícola, os produtores têm dificuldade em concentrar as aplicações

de herbicidas somente na estação chuvosa, o que os leva a aplicá-los também no período de estiagem, a fim de que persistam no solo até o início da estação chuvosa (AZANIA et al., 2009).

### **2.3. Seletividade de Herbicidas**

Uma das características dos herbicidas é a sua seletividade, que consiste na capacidade do herbicida em controlar as plantas daninhas sem prejudicar a produtividade e a qualidade da cultura (NEGRISOLI et al., 2004).

Assim a seletividade de um herbicida é a base para o sucesso da operação, onde a recomendação de um herbicida está condicionada à sua seletividade. Seletividade de herbicidas é a capacidade de eliminar espécies vegetais indesejáveis sem promover reduções economicamente significativas, tanto na qualidade quanto na quantidade produzida pela cultura (VELINI et al., 2000).

De acordo com Oliveira Jr. & Inoue (2011), pode-se dizer que a seletividade de um herbicida é um fenômeno relativo, pois depende de uma série de fatores ligados ao produto (dose, formulação, aplicação e características físico-químicas), aos fatores ligados às plantas (retenção e absorção diferencial, idade das plantas, cultivar, translocação diferencial e metabolismo diferencial, formato e orientação das folhas, natureza e espessura da cutícula foliar, localização das regiões meristemáticas, existência de órgãos de propagação vegetativa, entre outros) ou de natureza fisiológica (estado nutricional, taxa de crescimento da planta, velocidade de absorção e de translocação dos nutrientes) ou ainda de natureza metabólica (processos bioquímicos que ocorrem na planta, tais como hidrólises, hidroxilações, desalquilações, conjugações peptídicas e outros). Fatores ligados as condições ambientais, (temperatura do ar no momento e após a aplicação dos produtos, precipitações pluviométricas ocorridas antes e após a aplicação e a textura do solo) ou ainda o uso de substâncias químicas denominadas de protetores ou "safeners" que protegem as plantas contra ação tóxica dos herbicidas.

Para herbicidas aplicados em pré-emergência, a seletividade geralmente ocorre devido ao posicionamento dos herbicidas que após serem aplicados na superfície do solo, verifica-se pequena lixiviação do mesmo. Dessa forma as plantas daninhas que possuem suas raízes na região superficial entram em contato com o herbicida e as raízes das plantas cultivadas permanecem abaixo da zona tratada (OLIVEIRA, 2001). Assim esse distanciamento espacial

entre a raiz da planta e o herbicida é o principal fator responsável pela seletividade dos tratamentos sobre a cultura. No entanto, quando a cultura absorve os herbicidas, o principal meio de seletividade é o metabolismo diferencial do herbicida entre cultura e planta daninha (BARELA, 2005). O tipo de metabolismo varia significativamente entre as diferentes combinações de cultura-herbicida, tornando impossível fazer uma correlação simples de como cada classe de herbicida é metabolizado (CARVALHO, 2004).

Dentre as vias de metabolização dos herbicidas, duas delas se destacam, a oxidação e conjugação (CARVALHO, 2004). Segundo Cataneo & Carvalho (2008) as culturas podem apresentar seletividade devido a rapidez com que metabolizam os herbicidas através de reações oxidativas ou hidrolíticas, seguidas por conjugação com açúcares ou peptídeos e sequestro vacuolar dos produtos polares, ao passo que em plantas daninhas estas reações de desintoxicação se processam de forma mais lenta. Uma planta capaz de tolerar um herbicida é capaz de alterar ou degradar a estrutura química do mesmo através de reações que resultam em substâncias não tóxicas para planta. Na maioria das vezes, após a aplicação dos herbicidas, as plantas cultivadas apresentam sintomas de intoxicação que podem variar desde muito leves até muito severos, mas com posterior recuperação da cultura (SILVA et al., 2003).

Os sintomas de fitotoxicidade provocados por herbicidas podem ser os danos estruturais ou redução do comprimento de radículas, clorose acentuada ao longo do limbo foliar, necroses, albinismos, enrolamento e ressecamento de folhas a partir do ápice e da margem, menor espessura de colmos, morte de perfilhos (falhas de plantio), paralisação de crescimento e redução de altura (LÓPEZOVEJERO et al., 2003; BARELA e CHRISTOFFOLETI, 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 (VELINI, 1995; FAGLIARI et al., 2001).

Geralmente, trabalhos direcionados à avaliação da seletividade são feitos simultaneamente com o estudo da eficiência em um mesmo trabalho, visto que a eficiência do herbicida no manejo das plantas daninhas é mais estudada do que sua fitotoxicidade sobre a cultura.

Quando se conduz um experimento visando testar essas duas características ao mesmo tempo, corre-se o risco de se comprometer os resultados, pois a presença de plantas daninhas convivendo com a cultura interfere na avaliação da seletividade (VELINI, 1995).

Para avaliação de seletividade de herbicidas geralmente utiliza-se variáveis do tipo fitotoxicidade visual das plantas (% de fitointoxicação, escala EWRC), variáveis fisiológicas (eficiência fotoquímica, condutância estomática, transpiração etc.), variáveis de crescimento biométricas (altura, diâmetro, número de entrenós, número de perfilhos etc.), produtividade (TCH ou  $t\ ha^{-1}$ ) e variáveis tecnológicas (Brix, Pol, ATR etc.).

Devido a cana-de-açúcar ser uma cultura de manuseio difícil, trabalhoso e de elevado custo operacional, muitos pesquisadores utilizam nos trabalhos de seletividade estimativas de produtividade de cana (tonelada de cana por hectare, TCH) através de biometria. Tal metodologia foi desenvolvida por Martins & Landell (1995) onde estima a TCH através da fórmula  $TCH_e = D^2 \times C \times H \times (0,007854/E)$ , onde: D = diâmetro médio de colmos (cm); C = número de colmos por metro linear; H = comprimento médio de colmos (cm); E = espaçamento entre sulcos (m). Os parâmetros D e H são obtidos por amostragem, colhendo-se de 10 a 20 plantas por parcela. Por se tratar de uma metodologia de estimar produtividade mais fácil e barata, a maioria dos trabalhos que visam avaliar seletividade acabam usando TCH estimados ao invés de colher a parcela toda.

No entanto, a seletividade não deve ser avaliada observando-se somente os sintomas visuais de intoxicação, pois se sabe que existem produtos que reduzem a produtividade da cultura sem manifestar sintomas visuais e outros que provocam injúrias acentuadas, mas que permitem à cultura manifestar plenamente seu potencial produtivo. Portanto, na avaliação da seletividade, além dos sintomas visuais de intoxicação, variáveis biométricas e fisiológicas, é imprescindível considerar os dados de produtividade da cultura obtidos através de colheita da área total da parcela (SBCPD, 1995; VELINI, 1995; FERREIRA et al., 2005).

#### **2.4. Métodos para avaliação de seletividade de herbicidas**

Uma questão importante é que nos experimentos de seletividade, na maioria dos casos, as áreas experimentais são heterogêneas quanto à fertilidade do solo, profundidade de plantio e distribuição de toletes no plantio. Tradicionalmente, nos delineamentos experimentais convencionais, utiliza-se uma única testemunha dentro de cada repetição. Esta prática não tem

se mostrado eficiente para tirar o efeito da variabilidade, pois, com o uso de uma única testemunha, as análises de variância geralmente apresentam altos coeficientes de variação e, por consequência, maiores valores para as diferenças mínimas significativas, indicando grande variabilidade na área experimental e pequena precisão dos dados coletados. Um dos meios para se tentar minimizar os efeitos externos e reduzir a variabilidade na área seria aumentar o número de repetições do experimento, mas alguns trabalhos mostram que tal procedimento também não têm sido suficientes (VELINI et al., 1996).

Azania (2004) visando melhorar a precisão em experimentos de seletividade de herbicida em cana-de-açúcar constatou que o delineamento em blocos com testemunhas pareadas possui maior precisão experimental, quando comparado a experimentos que utilizam o tradicional delineamento em blocos ao acaso, em que as comparações envolvem as médias de tratamentos e testemunha. Neste caso, na comparação de médias verificou-se maior precisão experimental para o teste t de Student, além de reduzir a diferença mínima para ser significativa (DMS) para testes de comparação de médias como Tukey, devido ao aumento de graus de liberdade. No entanto, a desvantagem do delineamento em blocos com testemunhas pareadas é o aumento da área experimental devido ao maior número de parcelas das testemunhas. Portanto, há a necessidade de se adotar metodologias experimentais que realmente possam evidenciar diferenças significativas para se compatibilizar as diferenças mínimas experimentalmente detectáveis e as diferenças máximas aceitáveis em termos práticos (CONSTANTIN, 1996).

Em vista disso, foi desenvolvida na Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná, uma metodologia onde são utilizadas duas subparcelas adjacentes sem aplicação (testemunhas duplas adjacentes) uma a frente e outra atrás para cada subparcela aplicada para o estudo da seletividade de herbicidas. Esta metodologia é uma outra forma para se tentar reduzir a variabilidade e consiste no aumento do número de testemunhas dentro de cada repetição, o que corresponde a uma área não tratada ao lado de cada área que recebeu o tratamento e com toda a área experimental capinada durante todo o ciclo da cultura. Esta técnica tem sido adotada com sucesso no estudo da seletividade de herbicidas em cana (MONTÓRIO, 1997), alface (GIORDANI et al., 2000) e soja (LEE, 2001).

Fagliari et al. (2001) avaliando seletividade de um conjunto de tratamentos herbicidas, simulou dois tipos de análise para os dados de produtividade de cana. Eles compararam os dados de produtividade através de uma análise convencional, com o uso de uma única testemunha (média de todas as testemunhas duplas adjacentes de cada bloco) dentro de cada

repetição, onde as análises de variância apresentaram coeficientes de variação (C.V.%) e valores de diferenças mínimas significativas (D.M.S.) mais altos, do que quando comparados com o segundo método onde a análise foi feita com a utilização de testemunhas duplas adjacentes. Com o uso de testemunhas duplas adjacentes, conseguiu-se um maior controle sobre a variabilidade dentro da área experimental e conseqüentemente evidenciar diferenças significativas entre os tratamentos estudados. Assim, todos os oito tratamentos herbicidas utilizados foram considerados seletivos para a cultura da cana-de-açúcar quando os dados foram analisados pelo método convencional, ou seja, quando foram comparados com uma única testemunha dentro de cada repetição. No entanto, com a utilização de testemunhas duplas adjacentes, seis de oito tratamentos herbicidas afetaram a produtividade de colmos. Portanto, a utilização de testemunhas duplas adjacentes no experimento possibilitou um maior controle sobre a variabilidade dentro da área experimental e, com isso, detectar diferenças significativas entre os tratamentos.

Utilizar metodologias que reduzam as diferenças mínimas significantes (DMS), favorecem um maior rigor para decisão se um herbicida é seletivo ou não à cultura. Para essa finalidade de reduzir as diferenças mínimas significantes é possível utilizar testemunhas laterais, testemunhas duplas além de trabalhar com um grau que significância mais branda de dez por cento ( $\alpha = 10\%$ ). O emprego de um  $\alpha = 10\%$  propicia uma confiabilidade de que em 100 casos 90 casos o herbicida reduziria a produtividade, caso o tratamento que recebeu herbicida difira da sua respectiva testemunha.

## **2.5. Característica dos herbicidas utilizados**

Quase a totalidade dos herbicidas recomendados para cultura da cana-de-açúcar é recomendada para aplicação em pré-emergência e/ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas e, portanto, o solo é o principal destino desses produtos. Quando um herbicida é aplicado no ambiente e atinge o solo, suas moléculas podem seguir diferentes rotas. Elas podem ser adsorvidas aos colóides minerais e orgânicos e, dependendo da energia de ligação, podem-se tornar indisponíveis às plantas ou serem novamente desorvidas à solução do solo (HORNSBY et al., 1995, LAVORENTI, 1997). Assim, a eficácia sobre as plantas daninhas ou seletividade do herbicida a cultura não depende, somente, das características físico-químicas do

herbicida. Os atributos do solo, os fatores ambientais e as práticas adotadas nos sistemas de produção da cana-de-açúcar afetam o comportamento dos herbicidas e, como consequência, sua eficácia agrônômica e impacto ao meio ambiente (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO, 2005). O conhecimento destas características físico-químicas de cada herbicida é de fundamental importância para o sucesso na utilização deste, mesmo essas características sendo variáveis entre moléculas pertencentes ao mesmo grupo químico (PROCÓPIO et al., 2003).

A solubilidade em água exerce um importante papel na dinâmica de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre a palha de cana de açúcar, pois indica a quantidade de herbicida que é disponibilizado na solução podendo ser absorvido pelas plantas (CHRISTOFFOLETI e OVEJERO 2005) e influência à mobilidade dos herbicidas através da camada de palha. Segundo Oliveira e Brighenti (2011), quanto mais polar for o herbicida, maior será sua afinidade pela água, logo, maior sua solubilidade. Herbicidas com alta solubilidade possuem facilidade de se dissiparem no ambiente por fluxo de água e apresentam coeficientes de sorção relativamente baixos na palha (KOGAN e PÉREZ, 2003).

Segundo Hartzler (2015), a dinâmica dos herbicidas no solo é influenciada além das características físico-químicas das moléculas e do solo, pelo teor de água. A quantidade de herbicida na solução do solo é diretamente proporcional ao conteúdo de água no solo. A quantidade de espaços livres para o herbicida na solução diminui em solos secos, e assim menor quantidade de herbicida fica livre na solução do solo (maior sorção). Em condições de seca, as plantas são expostas a menor quantidade de herbicida e assim menor quantidade é absorvida pelas plantas daninhas. Quando a umidade no solo é restabelecida ocorre a dessorção do herbicida voltando a solução do solo.

Segundo Locke & Bryson (1997), Tofoli et al. (2009) e Alleto (2009) quando um herbicida é aplicado sobre a palha, é interceptado pela superfície desta, podendo ser volatilizado, ficar retido na mesma ou ainda ser lixiviado para o solo. Assim, o transporte de herbicidas da palha para o solo é dependente das características físico-químicas de cada herbicida e do tempo entre a aplicação do herbicida e a ocorrência da primeira chuva na área, bem como a sua intensidade. Todos esses fatores estão relacionados à transposição do herbicida pela palha, à dinâmica de molhamento e lavagem da palha pela água das chuvas (MACIEL e VELINI, 2005).

Segundo Correia e Kronka Jr. (2010), os herbicidas utilizados na época seca devem apresentar alta solubilidade em água e fraca ou moderada adsorção ao solo. Assim, mesmo numa

condição de baixa umidade no solo, parte do produto será desorvida para a solução e estará disponível para absorção pela radícula e/ou caulículo das plântulas. Entre os herbicidas registrados para a cultura de cana-de-açúcar, apenas amicarbazone, imazapic, hexazinone, isoxaflutole, sulfentrazone e tebuthiuron são recomendados para o uso na época seca, além da mistura comercial de clomazone + hexazinone (PROCÓPIO et al., 2008).

É essencial o conhecimento das características químicas dos herbicidas na hora das tomadas de decisões. O conhecimento dos mecanismos de ação dos herbicidas é um fator muito importante na escolha dos herbicidas. Considera-se que mecanismo de ação diz respeito a principal reação metabólica ou processo fisiológico das plantas onde o produto atua, é normalmente o primeiro de uma série de eventos metabólicos que resultam na expressão final do herbicida sobre a planta, sendo úteis esses conhecimentos para o manejo na prevenção da ocorrência de resistência de plantas daninhas aos herbicidas na área produtiva (CHRISTOFFOLETI, 2014).

No Quadro A é possível visualizar todas as características relevantes de um grupo de herbicidas comumente empregados no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Tais características permitem entender melhor a fitotoxicidade visual e comportamento destas moléculas no solo.

**Quadro A.** Propriedades físico-químicas dos herbicidas utilizados nos ensaios.

Herbicidas	Grupo químico	Mecanismo de ação	Kow	Solub. água	Trans. Palhada	Umid. Ativação	Marca e concentração
[diuron+hexazinone +sulfometuron-methyl]	[Ureias substituídas + Triazolinonas]	[Inibidor do fotossistema II + Inibidor do fotossistema II + Inibidores da ALS]	[589 + 15 + 11 (pH 5)]	[42 + 33000 + 244]	[Baixa + Alta + Alto]	[Alta + Baixa + Media]	Front [603+170+14,5 g/kg]
[diuron+hexazinone]	[Ureias substituídas + Triazolinonas]	Inibidores do fotossistema II	[589+15]	[42+33000]	[Baixa + Alta]	[Alta + Baixa]	Velpar K WG [468+132 g/kg]
amicarbazone	Triazolinonas	Inibidor do fotossistema II	1,23	4600	Alta	Baixa	Dinamic 700 g/kg
clomazone	Isoxazolidinona	Inibidor da síntese carotenoide	350	1100	Media	Media	Gamit 500 g/L
flumioxazin	Ftalimidas	Inibidor da Protox	355 (20 °C)	1,79	Media	Baixa	Flumyzin 500 g/kg
hexazinone	Triazolinonas	Inibidor do fotossistema II	15	33000	Alta	Baixa	Hexazinona Nortox 250 g/L
Isoxaflutole	Isoxazoles	Inibidor da síntese carotenoide	208	6,2	Media	Baixa	Provence 750 WG 750 g/kg
sulfentrazone	Triazolinones	Inibidor da Protox	9,8	110 mg/L	Alta	Media	Boral 500 SC 500 g/L
tebuthiuron	Ureias substituídas	Inibidor do fotossistema II	671	2570 (20°C)	Alta	Baixa	Combine 500 SC 500 g/L, Lava 800 g/kg

**KOW:** constante obtida a pH 7; **Solub. água:** Solubilidade em água (mg L<sup>-1</sup>) constante obtida a 25 °C ; **Trans. Palhada:** Capacidade de transposição da palhada; **Umid. Ativação:** Necessidade de umidade para ativação. Fonte: Rodrigues & Almeida (2011); Oliveira Jr., Constantin, & Inoue (2011); Silva & Monquero (2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

#### 3.1. Definições utilizadas no presente trabalho

Em função das possibilidades de cultivo e de uso de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar, no presente trabalho são usadas as seguintes definições:

- Sistemas de cultivo para cana: em relação aos sistemas de cultivo, a cultura da cana pode ser classificada como cana sem queima ou cana queimada. No primeiro caso, não há queima da palha antes da colheita. No segundo caso a cana é queimada antes da colheita, procedimento que elimina toda palhada da superfície do solo.
- Modalidades de aplicação dos herbicidas: as aplicações de herbicidas em cana-de-açúcar podem ser realizadas em cana-planta, quando estas são realizadas logo após o plantio dos toletes, ou cana-soca, quando estas são realizadas após a colheita dos colmos e antes ou no início da rebrota da cultura. No caso de cana-soca, é usual a referência ao número de cortes já realizados na área (ex. cana-soca 1º corte).
- Épocas de aplicação de herbicidas: dentro da modalidade cana-soca, existe ainda a possibilidade da aplicação de herbicidas em diferentes épocas. Por exemplo Ferreira (2009) utilizou uma classificação das socas de cana em função das condições de umidade do solo para o Estado de São Paulo como: "soca semi-seca", colheita no início da safra (Abril-Junho) com chuvas esparsas e temperatura em declínio; "soca-seca", nos meses de junho a agosto em condições de déficit hídrico; "soca semi-úmida", em setembro a novembro com início das precipitações; e "soca-úmida", com estabilização das chuvas no período de Dezembro a Março.
- Modalidade de aplicação de herbicidas: em relação à modalidade de aplicação dos herbicidas, estes podem ser aplicados em pré-emergência (PRÉ) ou em pós-emergência (PÓS). A classificação de PRÉ ou PÓS diz respeito ao alvo das aplicações, ou seja, às plantas daninhas. No caso da cana, nem sempre existe correspondência entre a emergência das plantas daninhas e a cultura. No presente trabalho, por exemplo, em alguns casos (principalmente nos experimentos visando seletividade) a aplicação de herbicidas foi realizada após a rebrota da cultura, mas na ausência de plantas daninhas. Neste caso, essa aplicação foi considerada como PÓS e não como PRÉ. Portanto, para

efeito deste trabalho, aplicações em PRÉ consistem nos tratamentos aplicados logo após a colheita da cana-de-açúcar sem nenhum tipo de brotação, em pré-emergência total da cultura e das plantas daninhas. Aplicações em PÓS foram aquelas realizadas em pós-emergência da cultura, independentemente da presença de plantas daninhas. Estas aplicações foram realizadas com brotações de cana de 10 cm (esporão) até 30 cm, dependendo da recomendação de bula dos produtos ou das práticas empregadas pelas usinas onde cada experimento foi instalado de acordo com a época de aplicação.

- No caso de tratamentos herbicidas compostos por misturas, duas notações são usadas ao longo deste trabalho. A primeira faz referência às misturas formuladas de fábrica, para as quais os princípios ativos são colocados entre colchetes “[ ]” e unidos por sinal de adição “+”. Quando os tratamentos são compostos por misturas em tanque, apenas o sinal de adição “+” é utilizado.

### **3.2. Manutenção das áreas e aplicações dos tratamentos com herbicidas**

Para garantir que apenas os efeitos dos tratamentos herbicidas sobre a cultura fossem avaliados, todos os ensaios foram capinados, de forma que não houvesse interferência das plantas daninhas.

Para todas as aplicações dos experimentos foi utilizado um pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub>, equipado com barra de quatro ou seis pontas tipo leque XR-110.02, sob pressão de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, proporcionando taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>.

### **3.3. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas (testemunha dupla), com quatro repetições. Neste sistema de testemunhas duplas, os herbicidas foram o fator estudado nas parcelas (tratamentos principais) e a condição ausência ou presença dos herbicidas o fator estudado nas subparcelas (tratamentos secundários). Na execução do experimento no campo, as parcelas foram divididas em três subparcelas, sendo uma central, representada pelos tratamentos com herbicidas e duas outras subparcelas adjacentes, representadas pelos tratamentos sem herbicidas, as testemunhas duplas. Portanto, cada subparcela que recebeu o herbicida ficou com duas outras subparcelas adjacentes sem

herbicidas, as quais foram denominadas testemunhas duplas adjacentes. As parcelas e subparcelas foram dispostas no sentido da linha de plantio da cana. Esta metodologia já foi utilizada em outros trabalhos de seletividade de herbicidas, tanto na cultura da cana-de-açúcar quanto em outras culturas (MONTÓRIO, 1997; FLAGLIARI et al., 2001; LEE, 2001).

A análise dos dados utilizando as testemunhas duplas foi realizada por meio da análise de variância, estabelecendo-se o valor do teste F para o qual a diferença entre as médias (tratamento com herbicida versus média das testemunhas duplas) seria significativo. Onde  $Pr > F_c = p\text{-valor}$ , que por sua vez é valor utilizado para rejeitar  $H_0$  (as médias das subparcelas diferem em pelo menos um) ou aceitar  $H_0$  (as médias das subparcelas não diferem), dependendo do p-valor de corte ou nível de significância (para  $\alpha = 5\%$  o p-valor de corte seria 0,05) adotado para a comparação. A interpretação deste valor ( $Pr > F_c$  ou p-valor) pode ser feita observando-se o seguinte exemplo: se  $Pr > F_c$  apresentar um valor de 0,075, indica que há uma probabilidade de 7,50% de que as médias das subparcelas com e sem herbicidas sejam iguais, assim se for considerada uma probabilidade de 5% ( $\alpha = 5\%$ ) teríamos que diferença entre as médias não seria significativa (não haveria diferença significativa entre as médias das subparcelas). No entanto, se for considerado uma probabilidade de 10% ( $\alpha = 10\%$ ) essa mesma diferença entre as médias seria significativa (a diferença entre as duas subparcelas seria significativa a 10% de probabilidade). Para avaliação dos ensaios foi considerada uma probabilidade de 5 ou 10% dependendo da variável resposta.

Após organizar os dados para serem analisados em esquema de tratamentos de parcelas subdivididas no Microsoft Excel, o software SISVAR 12 foi utilizado para as análises estatísticas.

### 3.4. Variáveis resposta avaliadas

Visando à padronização para uma melhor comparação dos resultados foram avaliadas as mesmas variáveis em todos os ensaios, as quais consistiram de:

- **Avaliações de fitointoxicação:** foi realizada por meio da escala E.W.R.C. (onde 1,0 significa ausência de sintomas e 9,0 significa morte de 100% das plantas), levando em conta as testemunhas capinadas sem herbicida como referência de ausência de sintomas de fitointoxicação (Quadro B - escala detalhada E.W.R.C).

**Quadro B.** Escala de avaliação de fitointoxicação, de acordo com os sintomas visuais (EWRC, 1964).

<b>Fitointoxicação</b>	<b>Sintomas visuais</b>
1	Nenhum dano (sem presença de qualquer sintoma nas folhas mais novas)
2	Pequenas alterações (descoloração e/ou deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações (descoloração e/ou deformação) visíveis em muitas plantas
4	Forte descoloração (amarelecimento ou clorose generalizada) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte de tecido)
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas em especial nas margens acompanhadas de deformação em folhas e brotos (a partir desta nota é considerada a presença de necrose em partes da planta não importando a intensidade)
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrose/deformação
7	Mais de 80% das folhas e brotos destruídos
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas
9	Danos totais (morte das plantas)

Obs: A escala EWRC sempre é aplicada em folhas novas, não acompanhando a evolução da fitotoxidez nas folhas anteriormente avaliadas (folhas velhas).

- **Altura de colmo (cm)**: medida direta do nível do solo até a inserção da folha +1 (última lígula completamente expandida da planta). Para efeito de amostragem dentro das subparcelas, o avaliador descartou um metro inicial da linha central de cada parcela e mediu 10 colmos (perfilhos) aleatórios para obter uma média representativa.
- **Diâmetro de colmo (mm)**: consiste em uma medida realizada com um paquímetro no quinto entre nó de cada colmo (perfilho) contado a partir do nível do solo. Para efeito de amostragem dentro das subparcelas, o avaliador descartou um metro inicial da linha central de cada parcela e mediu 10 colmos (perfilhos) aleatórios para obter uma média representativa.
- **Estande (colmo m<sup>-1</sup>)**: é a contagem do número de colmos totais em quatro metros em duas linhas centrais de cada subparcela (totalizando 8 metros por subparcela) que posteriormente foram convertidos para colmos por metro.
- **Comprimento de colmos industrializáveis (cm)**: avaliação realizada logo após a colheita, que consiste na medida do comprimento da base do colmo até o local de

desponte (no ponto de quebra logo abaixo do “palmito”). Para esta avaliação foram amostrados 10 colmos aleatórios.

- **Diâmetro de colmos industrializáveis (mm)**: avaliação realizada no dia da colheita, que consistiu em uma medida realizada com o paquímetro no quinto entre nó contando a partir da base do colmo. Para esta avaliação foram amostrados 10 colmos aleatórios por subparcela .
- **TCH (toneladas de cana por hectare, ton ha<sup>-1</sup>)**: para esta variável-resposta foram colhidos e pesados manualmente todos os colmos contidos na subparcela. Posteriormente, o resultado foi convertido para toneladas de cana por hectare.

### **3.5. Dados climáticos locais**

No quadro C e na figuras A encontram-se, respectivamente, os valores médios de temperatura e a distribuição das precipitações ao longo do período de condução dos ensaios de campo na localidade de Ourizona-PR.

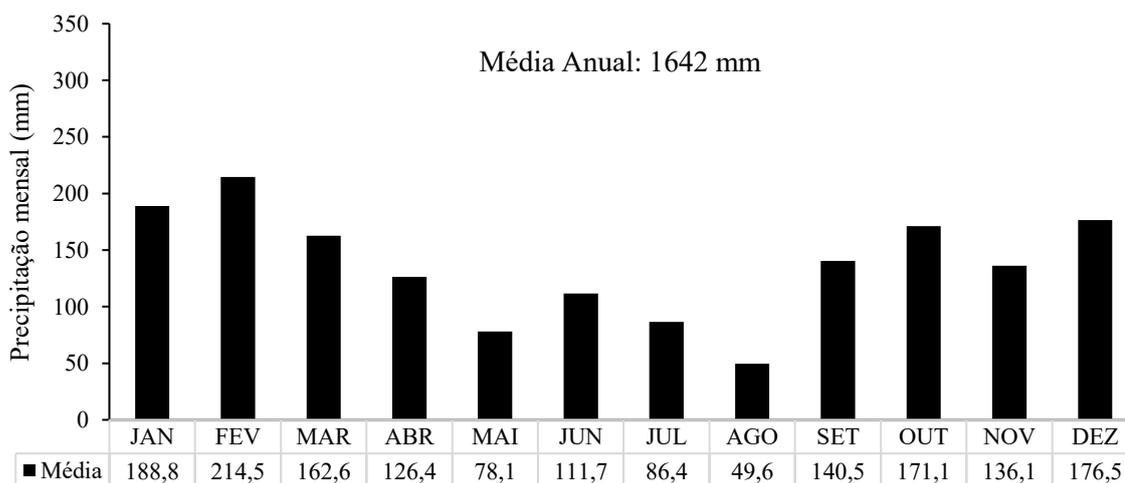
**Quadro C.** Valores médios mensais de temperaturas (°C, máxima e mínima) e acumulado mensal de precipitações (mm) observadas durante o período de condução dos ensaios conduzidos na Fazenda Olívio, localizada no município de Ourizona – PR, nos anos de 2012 e 2015

Mês	2012				2013				2014				2015			
	Temp. (°C)		Chuva		Temp. (°C)		Chuva		Temp. (°C)		Chuva		Temp. (°C)		Chuva	
	Máx.	Mín.	Dias	mm												
JAN	29	19	12	135,0	30	20	11	96,8	31	21	18	166,6	32	21	19	233,2
FEV	32	21	6	91,0	30	20	22	373,2	32	21	10	180,0	30	21	23	205,8
MAR	31	19	6	38,0	29	20	18	205,2	30	20	15	324,8	30	20	19	275,6
ABR	28	18	14	143,8	27	18	10	148,6	28	19	12	130,4	29	19	6	83,8
MAI	25	16	8	83,0	26	17	12	170,6	25	16	9	115,8	24	16	10	158,8
JUN	23	15	14	278,2	23	15	20	279,8	24	16	13	125,8	25	15	5	30,8
JUL	24	14	7	19,2	24	13	7	56,0	24	14	9	120,2	23	15	17	308,4
AGO	28	18	2	2,6	27	14	2	2,2	28	16	4	46,4				
SET	31	18	4	67,2	29	17	7	117,4	29	18	13	134,8				
OUT	32	20	9	67,4	29	18	8	167,8	32	20	5	48,4				
NOV	31	20	11	99,2	30	20	12	76,4	30	20	17	128,6				
DEZ	32	22	17	162,8	32	22	14	59,2	30	21	17	218,6				
Med. ou Soma	28,8	18,3	110	1.187,4	28,0	17,8	143	1.753,2	28,6	18,5	142	1.740,4	27,6	18,1	99	1.296,4

Temp. = Temperatura (°C); Máx. = Máxima; Mín. = Mínima;

Fonte: Estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campus sede UEM no município de Maringá – PR, uma estação automática a cerca de 22 km dos ensaios.

**Precipitação Média Mensal (mm) - 2004 a 2014**



**Figura A.** Precipitação média mensal dos últimos 10 anos, com dados obtidos na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campus sede UEM no município de Maringá – PR, uma estação manual a cerca de 22 km dos ensaios.

## 4. EXPERIMENTOS 1 E 2

### Herbicidas isolados aplicados na modalidade soca na época seca nos sistemas cana com e sem a queima da palha

#### 4.1. Objetivo

Avaliar a seletividade dos tratamentos empregados no manejo de plantas daninhas na usina USACUCAR unidade de Iguatemi no ano de 2012, mediante a aplicação de herbicidas isolados, em PRÉ e PÓS na modalidade de cana-soca, comparando sistemas de controle de plantas daninhas em com e sem a queima da palha no noroeste do Paraná.

#### 4.2. Material e Métodos

Os experimentos foram instalados na Fazenda Olívio, localizada no município de Ourizona – PR. O experimento de cana com a queima da palha foi instalado sob coordenadas latitude 23°22'32.22"S e longitude 52° 9'36.94"O, à 574 m de altitude. O experimento de cana sem queima da palha foi instalado sob coordenadas latitude 23°22'41.64"S e longitude 52° 9'26.68"O, à 558 m de altitude.

O solo do experimento de cana com a queima da palha apresentava pH em água de 6,00; 1,60 cmol<sub>c</sub> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> dm<sup>-3</sup> de solo; 2,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 8,00 mg dm<sup>-3</sup> de P; 8,00 g dm<sup>-3</sup> de C; 56,3% de areia grossa; 15,8% de areia fina; 6,4% de silte e 21,5% de argila.

O solo do experimento de sem queima apresentava pH em água de 6,00; 1,70 cmol<sub>c</sub> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> dm<sup>-3</sup> de solo; 2,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 5,00 mg dm<sup>-3</sup> de P; 10,00 g dm<sup>-3</sup> de C; 40,7% de areia grossa; 28,2% de areia fina; 7,5% de silte e 23,6% de argila.

A variedade de cana-de-açúcar instalada em ambos experimentos foi a RB867515, cujo plantio havia sido realizado em 28/08/2009, com preparo de solo no sistema convencional e plantio manual, utilizando um espaçamento simples de 1,40 m nas entrelinhas. O último corte havia sido realizado em 14/08/2012, caracterizando a área como cana-soca 3º corte.

Os tratamentos foram compostos por doses de herbicidas isolados, utilizando as maiores doses de registro em bula descritas para cada produto por Rodrigues & Almeida (2011) disposto na Tabela 1.1.

**Tabela 1.1.** Tratamentos herbicidas aplicados isoladamente em pré e pós-emergência em cana com e sem a queima da palha no noroeste do Paraná.

Tratamentos herbicidas	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Produto comercial	Doses p.c. ha <sup>-1</sup>
1. amicarbazone	1050	PRÉ	Dinamic	1,5 kg
2. amicarbazone	1050	PÓS	Dinamic	1,5 kg
3. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PRÉ	Front	1,9 kg
4. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PÓS	Front	1,9 kg
5. tebuthiuron	1100	PRÉ	Lava 800	1,375 kg
6. tebuthiuron	1100	PÓS	Lava 800	1,375 kg
7. isoxaflutole	150	PRÉ	Provence 750 WG	200 g
8. isoxaflutole	150	PÓS	Provence 750 WG	200 g
9. sulfentrazone	750	PRÉ	Boral 500 SC	1,5 L
10. sulfentrazone	750	PÓS	Boral 500 SC	1,5 L
11. flumioxazin	150	PRÉ	Flumyzin	300 g
12. flumioxazin	150	PÓS	Flumyzin	300 g
13. hexazinone	262,5	PRÉ	Hexazinona Nortox	1,05 L
14. hexazinone	262,5	PÓS	Hexazinona Nortox	1,05 L

**Aplic.:** modalidade de aplicação de herbicidas.

A primeira aplicação dos tratamentos (PRÉ) foi realizada em 16/08/2012 (cana com queima entre 14:00 e 15:00 horas; cana sem queima entre 16:00 e 17:00 horas), dois dias após o corte da cana (2 DAC). No momento da aplicação o solo encontrava-se seco, a temperatura do ar variou entre 26 e 27,0 °C, a umidade relativa do ar em 48% e 51%, céu claro e ventos de 2,1 a 2,8 km h<sup>-1</sup>. Na área de cana sem queima, um quadrado (0,25 x 0,25 m) foi lançado aleatoriamente na área cinco vezes e a palha foi recolhida e pesada para uma estimativa da quantidade em ton ha<sup>-1</sup>. A média das cinco medidas resultou em 9 ton ha<sup>-1</sup> de palha cobrindo o solo.

A segunda aplicação dos tratamentos (PÓS) foi realizada no dia 15/10/2012 (cana com queima entre 14:30 e 15:30 horas; cana sem queima entre 16:20 e 17:00 horas), aos 62 DAC. Nesta data, a cana encontrava-se com uma brotação média de 25 cm (com queima) ou 20 cm (sem queima), tratando-se, portanto de aplicação em pós-emergência da cultura. No momento

da aplicação o solo encontrava-se seco, a temperatura do ar variou entre 22° e 23 °C, a umidade relativa do ar entre 62% e 68%, céu claro e ventos entre 1,0 e 2,3 km h<sup>-1</sup>.

Os tratamentos foram arranjados num sistema de testemunha dupla, com 14 parcelas e 29 subparcelas (14 subparcelas com herbicida e 15 parcelas sem herbicida). Considerando quatro repetições, havia um total de 116 subparcelas. As subparcelas eram compostas de cinco linhas espaçadas a 1,4 m com 6 m de comprimento totalizando uma área de 42,0 m<sup>2</sup>.

As variáveis-resposta avaliadas foram: fitointoxicação por meio da escala EWRC aos 30 dias após a aplicação em PRÉ (30 DAA<sub>a</sub>), e aos 35, 60 e 90 dias após a aplicação em PÓS (35 DAA<sub>b</sub>, 60 DAA<sub>b</sub> e 90 DAA<sub>b</sub>); estande e altura aos 62 e 260 dias após o corte (DAC); comprimento e diâmetro de colmos industrializáveis aos 330 DAC (data da colheita da cana, 10/07/2013). Na colheita da cana também avaliada a TCH aos 330 DAC.

O delineamento e a análise de dados estão descritos no item já detalhado anteriormente no material e métodos geral delineamento experimental.

### **4.3. Resultados e Discussão**

Para ambos os sistemas (com e sem queima), todos os herbicidas aplicados em PRÉ resultaram em ausência de sintomas de fitointoxicação (nota 1 EWRC) (Tabela 1.2).

**Tabela 1.2.** Avaliações de fitotoxicação (escala E.W.R.C.) de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas isolados em pré e pós-emergência em cana com e sem a queima da palha nas condições do noroeste do Paraná.

Tratamentos	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Sistema de cultivo							
			Com queima (EWRC)				Sem queima (EWRC)			
			PRÉ (a) 30 DAA <sub>a</sub>	PÓS (b)			PRÉ (a) 30 DAA <sub>a</sub>	PÓS (b)		
	35 DAA <sub>b</sub>	60 DAA <sub>b</sub>	90 DAA <sub>b</sub>		35 DAA <sub>b</sub>	60 DAA <sub>b</sub>	90 DAA <sub>b</sub>			
1. amicarbazone	1050	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
2. amicarbazone	1050	PÓS	-	2	1	1	-	2	1	1
3. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
4. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
5. tebuthiuron	1100	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
6. tebuthiuron	1100	PÓS	-	1	1	1	-	1	1	1
7. isoxaflutole	150	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
8. isoxaflutole	150	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
9. sulfentrazone	750	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
10. sulfentrazone	750	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
11. flumioxazin	150	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
12. flumioxazin	150	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
13. hexazinone	262,5	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
14. hexazinone	262,5	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré (a) ou pós-emergência (b). **DAA:** dias após a aplicação.

Para as aplicações realizadas em PÓS em ambos experimentos (1 e 2) foram observados sintomas de injúrias causadas pelos herbicidas, mas apenas na avaliação realizada aos 35 DAA<sub>b</sub>. Os tratamentos aplicados em PÓS em ambos os sistemas de cultivo apresentaram os seguintes sintomas na avaliação de 35 DAA<sub>b</sub> (Figura 1.1.):

- Amicarbazone provocou bronzeamento e clorose em algumas folhas de poucas plantas (nota 2 EWRC);
- [diuron+hexazinone+sulfometuron], provocou clorose generalizada nas bordas das folhas atingidas, arroxamento na base das folhas e algumas necroses nas extremidades das folhas (nota 5 EWRC). Neste caso, os sintomas foram observados em todas as plantas das parcelas;
- Tebuthiuron não provocou nenhum sintoma de fitointoxicação visual (nota 1 EWRC);
- Isoxaflutole provocou clorose generalizada no limbo das folhas atingidas, deixando parte de algumas folhas com uma tonalidade rosada. Também foram observadas necroses em partes das extremidades das folhas em poucas plantas (nota 5 EWRC);
- Sulfentrazone provocou necrose em algumas plantas, localizada entre as nervuras das folhas atingidas pela aplicação (nota 5 EWRC);
- Flumioxazin provocou clorose em algumas folhas de algumas plantas. Embora os sintomas tenham sido mais leves do que em outros tratamentos, o aparecimento de pontos necróticos em algumas folhas acabou resultando em nota 5 EWRC.
- Hexazinone provocou clorose em várias folhas atingidas, e algumas folhas em algumas plantas estavam necrosadas entre as nervuras (nota 5 EWRC);

Ao passo em que as plantas emitiam novas folhas, as notas EWRC posteriores a 35 DAA<sub>b</sub> reduziram. Isto ocorreu devido à escala EWRC utilizar como folha-diagnóstico as folhas mais novas, as quais eram emitidas sem sintomas.



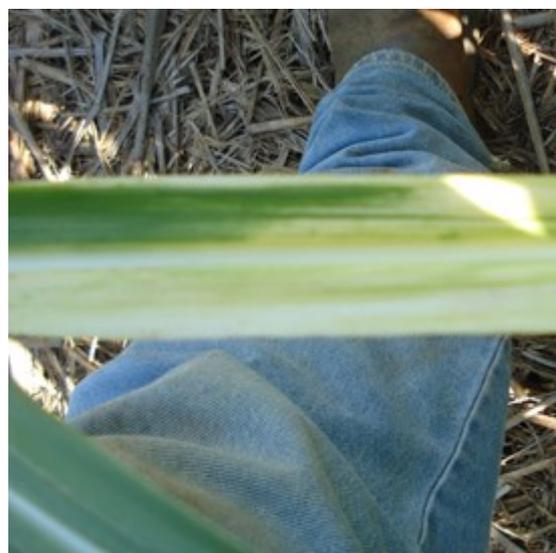
amicarbazone



[diuron+hexazinone+sulfometuron]



sulfentrazone



hexazinone

**Figura 1.1** Sintomas visuais de fitointoxicação nas plantas de cana após a aplicação dos herbicidas em PÓS.

Como descrito anteriormente, cada herbicida apresentou um sintoma diferente de fitointoxicação. Entretanto, a escala EWRC estabelece nota cinco quando houver necrose, independentemente dos demais sintomas. Por isso, aos 35 DAA<sub>b</sub>, a maioria dos herbicidas apresentou nota cinco.

O único herbicida que recebeu nota 1 EWRC quando aplicado em PÓS na avaliação de 35 DAA<sub>b</sub> foi o tebuthiuron, que apesar de ter sido aplicado diretamente nas folhas não provocou sintomas visuais de fitointoxicação.

Nas duas avaliações seguintes (60 DAA<sub>b</sub> e 90 DAA<sub>b</sub>) nenhum outro sintoma de injúria foi observado nas folhas novas da cana, independentemente do sistema de cultivo empregado (cana-queimada ou cana-soca), o que resultou em nota 1 EWRC para todos os herbicidas. No entanto, as folhas velhas atingidas pela aplicação em alguns casos não apresentavam progressão dos sintomas (por exemplo com flumioxazin) e em outros casos houve progressão da necrose para todo o limpo foliar (por exemplo com hexazinone).

Considerando apenas a avaliação de fitointoxicação utilizando a escala EWRC, mesmo os tratamentos que apresentaram sintomas na avaliação de 35 DAA<sub>(b)</sub> seriam considerados seletivos para a cultura da cana-de-açúcar, uma vez que todos os sintomas decorrentes da aplicação de herbicidas desapareceram ao longo do período de avaliação.

Os efeitos fitointoxicação foram semelhantes para os dois sistemas de cultivo. Para as aplicações em PÓS, já se esperava tal fato, uma vez que os herbicidas foram aplicados diretamente nas folhas já emergidas da cana. Por outro lado, nas aplicações em PRÉ existe a interferência da palha da cana sobre o solo no momento da aplicação dos herbicidas, sendo possível que os resultados de seletividade sejam diferentes na cana sem queima em relação a cana com queima. Uma vez que nenhum dos tratamentos com herbicidas aplicados em PRÉ em cana-queimada (sem palha, portanto) apresentou sintomas de intoxicação das plantas, seria ainda menos provável que qualquer destes herbicidas causasse algum sintoma na cana sem queima (com presença da palha). Os resultados das avaliações de estande, altura, comprimento e diâmetro de colmos industrializáveis encontram-se na tabela 1.3 (cana-queimada) e na tabela 1.4 (cana-crua).

**Tabela 1.3** Probabilidade de significância ( $Pr > F_c$ ) para as variáveis estande ( $n^\circ$  colmos  $m^{-1}$ ), altura de colmos (cm), comprimento (cm) e diâmetro (mm) de colmos industrializáveis após aplicação dos herbicidas isolados na pré e pós-emergência em cana com a queima da palha.

Tratamentos	Doses g i.a. $ha^{-1}$	Aplic.	Estande		Altura		Colmos industrializáveis aos 330 DAC	
			60 DAC	260 DAC	60 DAC	260 DAC	Comprimento	Diâmetro
1. amicarbazone	1050	PRÉ	0,0637	0,9585	0,3700	0,5567	0,1712	0,6126
2. amicarbazone	1050	PÓS	0,3268	0,1810	0,3366	0,8458	<b>0,0346</b> (+)	0,6197
3. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PRÉ	0,7122	0,0633	0,8854	0,4180	0,7770	0,5685
4. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PÓS	0,3289	0,9203	0,3606	0,0764	0,0813	0,1455
5. tebuthiuron	1100	PRÉ	0,2716	0,9968	0,9748	0,1918	0,9170	0,2977
6. tebuthiuron	1100	PÓS	0,1513	0,4559	0,7323	0,7827	0,1869	0,2513
7. isoxaflutole	150	PRÉ	0,2137	0,3220	0,2742	0,1577	0,2764	0,6509
8. isoxaflutole	150	PÓS	0,2223	0,6923	0,2314	0,5096	0,4065	0,0932
9. sulfentrazone	750	PRÉ	0,6948	0,2563	0,2271	0,1500	0,6030	0,2176
10. sulfentrazone	750	PÓS	0,3906	0,9649	0,9838	0,3437	0,2008	0,2709
11. flumioxazin	150	PRÉ	0,4177	0,4277	0,3064	0,9292	0,5576	0,1428
12. flumioxazin	150	PÓS	0,7310	0,4559	0,4615	0,4076	0,0230 (+)	0,7456
13. hexazinone	262,5	PRÉ	0,2929	0,5520	0,5711	0,1882	0,7516	0,9353
14. hexazinone	262,5	PÓS	0,2322	0,3725	0,2800	0,1930	0,3791	<b>0,0002</b> (-)
CV (%)			12,75	8,68	13,98	4,17	15,40	3,81

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Pr>Fc:** probabilidade do F ser significativo. Valores de **Pr>Fc** inferiores a 0,05 são considerados significativos. (+) indica que a média da subparcela com herbicida é maior do que a média da subparcela sem herbicida. (-) indica que a média da subparcela com herbicida é menor do que a média da subparcela sem herbicida.

**Tabela 1.4** Probabilidade de significância ( $Pr > F_c$ ) para as variáveis estande ( $n^\circ$  colmos  $m^{-1}$ ), altura de colmos (cm), comprimento (cm) e diâmetro (mm) de colmos industrializáveis após aplicação dos herbicidas isolados na pré e pós-emergência em cana sem a queima da palha.

Tratamentos	Doses g i.a. $ha^{-1}$	Aplic.	Estande		Altura		Colmos industrializáveis aos 330 DAC	
			60 DAC	260 DAC	60 DAC	260 DAC	Comprimento	Diâmetro
1. amicarbazone	1050	PRÉ	0,6122	0,2583	0,0656	0,3687	0,4229	0,0611
2. amicarbazone	1050	PÓS	0,0714	0,1347	0,2060	0,6902	<b>0,0037</b> (+)	<b>0,0095</b> (-)
3. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PRÉ	0,2996	0,9241	0,8773	0,2967	0,3351	0,6857
4. [diuron+hexazinone+sulfometuron]	[1146+323+28]	PÓS	0,2711	0,4675	0,3086	<b>0,0062</b> (-)	<b>0,0311</b> (-)	0,2723
5. tebuthiuron	1100	PRÉ	0,0584	0,1623	0,7791	0,3486	0,0520	0,6461
6. tebuthiuron	1100	PÓS	0,3598	0,6189	0,3379	0,1304	0,4515	0,7142
7. isoxaflutole	150	PRÉ	0,6802	0,7808	0,3911	0,4642	0,9635	0,0853
8. isoxaflutole	150	PÓS	0,1947	0,5538	0,5680	0,2355	0,6606	0,7359
9. sulfentrazone	750	PRÉ	0,3768	0,1480	0,2670	0,6189	0,0032 (+)	0,2236
10. sulfentrazone	750	PÓS	0,3434	0,4609	0,5857	0,4347	0,5029	0,4179
11. flumioxazin	150	PRÉ	0,5068	0,3185	0,6189	0,3036	0,8454	0,6121
12. flumioxazin	150	PÓS	0,1498	0,8864	0,7085	0,5741	0,0011 (+)	0,4553
13. hexazinone	262,5	PRÉ	0,8746	0,3835	0,9255	0,2947	0,7571	0,5658
14. hexazinone	262,5	PÓS	0,1047	0,5249	0,8465	0,1097	0,4033	<b>0,0034</b> (-)
CV (%)			16,99	8,91	12,69	3,76	3,73	3,90

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Pr>Fc:** probabilidade do F ser significativo. Valores de **Pr>Fc** inferiores a 0,05 são considerados significativos. (+) indica que a média da subparcela com herbicida é maior do que a média da subparcela sem herbicida. (-) indica que a média da subparcela com herbicida é menor do que a média da subparcela sem herbicida.

Nenhum efeito significativo foi observado em relação ao estande da cultura nos dois sistemas de cultivo, o que era esperado uma vez que os sintomas de injúrias causados pelos herbicidas não atingiram intensidade alta nem persistiram por um longo período.

Quanto à altura das plantas aos 60 e 260 DAC, no sistema de cana-queimada não houve nenhum efeito das subparcelas com herbicidas quando comparadas as suas respectivas subparcelas sem herbicida (testemunhas duplas). No sistema de cana sem queima a utilização de [diuron+hexazinone+sulfometuron] em PÓS resultou em menor altura das plantas aos 260 DAC, quando as plantas da subparcela com herbicida foram comparadas com as plantas da subparcela sem herbicida. Este efeito negativo no crescimento das plantas pode estar relacionado ao fato de que os sintomas de fitointoxicação no caso deste herbicida foram observados de forma generalizada em todas as plantas da parcela.

Com relação aos colmos industrializáveis, amicarbazone em PÓS foi o único tratamento herbicida que afetou o comprimento dos colmos em ambos os sistemas de cultivo (cana com e sem queima). É interessante observar que este tratamento apresentou apenas sintomas leves de injúria em apenas uma das avaliações de fitointoxicação. Isto sugere que outros efeitos não perceptíveis na avaliação visual podem interferir no crescimento dos colmos ao longo do ciclo da cultura. No sistema de cana com queima, nenhum outro herbicida causou efeitos negativos no comprimento dos colmos, mas no sistema de cana-crua também se observou menor comprimento dos colmos com a utilização de [diuron+hexazinone+sulfometuron].

Quanto ao diâmetro dos colmos industrializáveis, efeitos negativos foram observados com a utilização de hexazinone em PÓS nos dois sistemas de cultivo e também com a utilização de amicarbazone em PÓS.

De modo geral, os efeitos negativos dos herbicidas em relação as suas respectivas testemunhas para as variáveis-respostas relacionadas ao crescimento ou aos componentes de produtividade foram observados em tratamentos aplicados em PÓS, o que reafirma a constatação de que as aplicações em PRÉ, independente do herbicida usado, foram mais seletivas para a cultura da cana.

Na tabela 1.5 estão resumidos os efeitos dos tratamentos herbicidas sobre a produtividade de colmos da cana (TCH).

**Tabela 1.5.** Produtividade de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas isolados em pré e pós-emergência em cana com queima e sem queima nas condições do noroeste do Paraná.

Tratamentos	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Sistema de cultivo							
			Com queima TCH (ton ha <sup>-1</sup> )				Sem queima TCH (ton ha <sup>-1</sup> )			
			Trat.	TD	Dif.	Pr>Fc	Trat.	TD	Dif.	Pr>Fc
1. amicarbazone	1050	PRÉ	79,05	80,72	-1,68	0,6128	70,68	73,57	-2,89	0,3504
2. amicarbazone	1050	PÓS	77,68	84,54	<b>-6,86</b>	0,0431	65,85	70,59	-4,75	0,1280
3. [diuron+hexazinone+sulfometuron] [1146+323+28]		PRÉ	79,01	82,13	-3,12	0,3488	71,98	72,26	-0,28	0,9275
4. [diuron+hexazinone+sulfometuron] [1146+323+28]		PÓS	72,15	84,42	<b>-12,27</b>	0,0006	60,61	73,02	<b>-12,40</b>	0,0002
5. tebuthiuron	1100	PRÉ	81,28	82,67	-1,39	0,6743	66,83	72,74	<b>-5,91</b>	0,0601
6. tebuthiuron	1100	PÓS	76,70	82,47	<b>-5,78</b>	0,0865	61,48	73,23	<b>-11,76</b>	0,0004
7. isoxaflutole	150	PRÉ	79,89	84,38	-4,50	0,1792	67,10	74,60	<b>-7,50</b>	0,0185
8. isoxaflutole	150	PÓS	78,04	84,22	<b>-6,18</b>	0,0675	62,02	70,86	<b>-8,84</b>	0,0060
9. sulfentrazone	750	PRÉ	80,90	81,22	-0,32	0,9224	67,26	74,56	<b>-7,30</b>	0,0216
10. sulfentrazone	750	PÓS	71,68	79,15	<b>-7,47</b>	0,0284	64,56	71,04	<b>-6,48</b>	0,0401
11. flumioxazin	150	PRÉ	76,26	74,46	1,80	0,5878	68,42	73,28	-4,87	0,1191
12. flumioxazin	150	PÓS	77,22	80,54	-3,32	0,3187	66,96	70,73	-3,77	0,2245
13. hexazinone	262,5	PRÉ	84,15	82,29	1,86	0,5749	67,39	71,09	-3,70	0,2334
14. hexazinone	262,5	PÓS	73,45	85,16	<b>-11,72</b>	0,0009	58,93	68,51	<b>-9,58</b>	0,0031
CV (%)				5,83				6,27		
DMS (Tukey, 10%)				5,53				6,27		

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Trat.:** Média obtida na subparcela com herbicida; **TD:** Média da subparcela sem herbicida; **Dif:** Diferença entre a subparcela com herbicida e sem herbicida; **Pr>Fc:** probabilidade do F ser significativo. Valores de **Pr>Fc** inferiores a 0,1 são considerados significativos.

Em relação à cana com queima, nenhum dos herbicidas aplicados em PRÉ afetou a produtividade de colmos, o que está dentro das expectativas, uma vez que nenhum sintoma de fitointoxicação visual ou relacionado ao desenvolvimento das plantas foi observado neste caso. Por outro lado, todas as aplicações em PÓS, exceto a de flumioxazin, afetaram a produtividade de colmos, o que reforça as constatações anteriores de menor seletividade destas aplicações em relação aquelas feitas em PRÉ.

Em relação à cana sem queima, os tratamentos em PRÉ com amicarbazone, [diuron+hexazinone+sulfometuron], flumioxazin e hexazinone não afetaram a produtividade, mas tebuthiuron, isoxaflutole e sulfentrazone apresentam efeitos negativos sobre a produtividade de colmos. É importante observar que em nenhum destes tratamentos aplicados em PRÉ havia sido observado qualquer sinal prévio de injúria nas plantas. Dentre os tratamentos aplicados em PÓS, cinco dos sete herbicidas avaliados afetaram a produtividade. As únicas exceções foram amicarbazone e flumioxazin.

Carvalho et al. (2004) relataram que os herbicidas de alta solubilidade em água (S), baixo coeficiente de partição octanol-água ( $K_{ow}$ ) e baixo coeficiente de distribuição do herbicida no solo ( $K_d$ ), são mais indicados para época seca em cana sem queima, por ter baixa aderência à palha e necessitar de pouca água para transpor a camada de palha. Embora tratamentos em PRÉ apresentem maior seletividade por não atingirem diretamente as folhas das plantas recém emergidas, os baixos valores de  $K_{ow}$  e  $K_d$  dos herbicidas tebuthiuron, isoxaflutole e sulfentrazone (Quadro A) e a maior concentração de raízes em camadas superficiais no sistema de cana-crua (ALVAREZ et al., 2000) podem ser os motivos que levaram as aplicações destes herbicidas em PRÉ a serem prejudiciais.

#### **4.4. Sumarização dos resultados para os experimentos 1 e 2**

- Os sintomas e a intensidade de fitointoxicação na cana são semelhantes em ambos os sistemas de cultivo.
- De todos os tratamentos herbicidas avaliados, tanto em cana sem queima quanto com queima, onze ocasionaram redução da produtividade em PÓS e três em PRÉ, o que sugere que aplicações em PRÉ são relativamente mais seletivas para a cultura do que aplicações em PÓS.

- Considerando o TCH como a variável-resposta mais importante, o flumioxazin foi o único herbicida considerado seletivo em ambos os sistemas de cultivo (com e sem queima da palha) e em ambas modalidades de aplicação do herbicida (PRÉ ou PÓS).
- Para o sistema de cana com queima todos os herbicidas aplicados em PRÉ foram seletivos para cana, mas apenas flumioxazin foi seletivo na aplicação em PÓS.
- Para o sistema de cana sem queima, menor número de tratamentos foi seletivo para a cultura. Em PRÉ, amicarbazone, [diuron+hexazinone+sulfometuron], flumioxazin e hexazinone foram considerados seletivos. Em PÓS, apenas amicarbazone e flumioxazin foram considerados seletivos.

## 5. EXPERIMENTOS 3 E 4

### Misturas em tanque de herbicidas aplicados na modalidade cana-soca na época seca nos sistemas cana com e sem queima da palha

#### 5.1. Objetivo

Avaliar a seletividade dos tratamentos empregados no manejo de plantas daninhas na usina USACUCAR unidade de Iguatemi no ano de 2012, mediante a aplicação de misturas em tanque de herbicidas, em PRÉ e PÓS na modalidade de cana-soca, comparando os sistemas de cana com e sem a queima da palha no noroeste do Paraná.

#### 5.2. Material e Métodos

Os experimentos foram instalados na Fazenda Olívio, localizada no município de Ourizona – PR. O experimento de cana com queima foi instalado sob coordenadas latitude 23°22'31.65"S e longitude 52° 9'37.84"O, à 574 m de altitude. O experimento de cana sem queima foi instalado sob coordenadas latitude 23°22'38.27"S e longitude 52° 9'23.69"O, à 553 m de altitude.

O solo do experimento de cana com queima apresentava pH em água de 6,00; 1,60 cmol<sub>c</sub> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> dm<sup>-3</sup> de solo; 2,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 8,00 mg dm<sup>-3</sup> de P; 8,00 g dm<sup>-3</sup> de C; 56,3% de areia grossa; 15,8% de areia fina; 6,4% de silte e 21,5% de argila.

O solo do experimento de cana sem queima apresentava pH em água de 6,00; 1,70 cmol<sub>c</sub> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> dm<sup>-3</sup> de solo; 2,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup>; 0,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg<sup>+2</sup>; 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K<sup>+</sup>; 5,00 mg dm<sup>-3</sup> de P; 10,00 g dm<sup>-3</sup> de C; 40,7% de areia grossa; 28,2% de areia fina; 7,5% de silte e 23,6% de argila.

A variedade de cana-de-açúcar instalada em ambos experimentos foi a RB867515, cujo plantio havia sido realizado em 28/08/2009, com preparo de solo no sistema convencional e plantio manual, utilizando um espaçamento simples de 1,40 m nas entrelinhas. O último corte havia sido realizado em 14/08/2012, caracterizando a área como cana-soca 3º corte.

Os tratamentos foram compostos por misturas em tanque de dois ou três herbicidas, e as doses utilizadas foram as mesmas adotadas pela USAÇUCAR e descritas na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Misturas em tanque de herbicidas aplicadas em pré e pós-emergência em cana com e sem a queima da palha no noroeste do Paraná.

Tratamentos herbicidas	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Produto comercial	Doses p.c. ha <sup>-1</sup>
1. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PRÉ	Lava 800 + Dinamic	1,25 kg + 1,2 kg
2. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PÓS	Lava 800 + Dinamic	1,25 kg + 1,2 kg
3. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PRÉ	Lava 800 + Hexazinone Nortox	1,375 kg + 1,05 L
4. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PÓS	Lava 800 + Hexazinone Nortox	1,375 kg + 1,05 L
5. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PRÉ	Lava 800 + Provence	1,125 kg + 110 g
6. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PÓS	Lava 800 + Provence	1,125 kg + 110 g
7. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PRÉ	Gamit + Velpar	2,56 L + 2,5 kg
8. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PÓS	Gamit + Velpar	2,56 L + 2,5 kg
9. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PRÉ	Lava 800 + Boral	1,5 L + 1,25 kg
10. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PÓS	Lava 800 + Boral	1,5L + 1,25 kg
11. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PRÉ	Lava 800 + Provence + Hexazinone Nortox	1,125 kg + 110 g + 0,75 L
12. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PÓS	Lava 800 + Provence + Hexazinone Nortox	1,125 kg + 110 g + 0,75 L

**Aplic.:** modalidade de aplicação de herbicidas.

A primeira aplicação dos tratamentos (PRÉ) foi realizada no dia 16/08/2012 (com queima entre 15:10 e 15:40 horas; sem queima entre 17:20 e 18:20 horas), dois dias após o corte da cana (2 DAC). No momento da aplicação o solo encontrava-se seco, a temperatura do ar variou entre 26 e 24,0 °C, a umidade relativa do ar em 50% e 54%, céu claro e ventos de 1,1 a 1,5 km h<sup>-1</sup>. Na área de cana sem queima a quantidade de palha que cobria o solo era de aproximadamente 9 ton ha<sup>-1</sup>.

A segunda aplicação dos tratamentos (PÓS) foi realizada no dia 15/10/2012 (com queima 15:30-16:10 horas; sem queima 17:40-18:30 horas), aos 62 DAC. Nesta data, a cana encontrava-se com uma brotação média de 25 cm (cana com queima) ou 20 cm (cana sem queima), tratando-se, portanto, de aplicação em pós-emergência da cultura. No momento da aplicação o solo encontrava-se seco, a temperatura do ar variou entre 20° e 22 °C, a umidade relativa do ar entre 64% e 70%, céu claro e ventos entre 1,3 e 1,9 km h<sup>-1</sup>.

Os tratamentos foram arrançados em sistema de testemunha dupla, com 12 parcelas e 25 subparcelas (12 subparcelas com herbicida e 13 parcelas sem herbicida). Considerando

quatro repetições, havia um total de 100 subparcelas. As subparcelas eram compostas de cinco linhas espaçadas a 1,4 m com 6 m de comprimento totalizando uma área de 42,0 m<sup>2</sup>.

As variáveis-resposta avaliadas foram: fitotoxicação por meio da escala EWRC aos 30 dias após a aplicação em PRÉ (30 DAA<sub>a</sub>), e aos 35, 60 e 90 dias após a aplicação em PÓS (35 DAA<sub>b</sub>, 60 DAA<sub>b</sub> e 90 DAA<sub>b</sub>); estande e altura aos 62 e 260 dias após o corte (DAC); comprimento e diâmetro de colmos industrializáveis aos 330 DAC (data da colheita da cana, 10/07/2013). Na colheita da cana também avaliada a TCH aos 330 DAC.

O delineamento e a análise de dados estão descritos no item já detalhado anteriormente no material e método geral delineamento experimental.

### **5.3. Resultados e discussão**

Para ambos os sistemas (com e sem queima da palha), todos os herbicidas aplicados em PRÉ resultaram em ausência de sintomas de fitotoxicação (nota 1 EWRC) (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2.** Avaliações de fitointoxicação (escala E.W.R.C.) de cana-de-açúcar após aplicação de misturas em tanque de herbicidas em pré e pós-emergência em cana com e sem queima da palha nas condições do noroeste do Paraná.

Tratamentos	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Sistema de cultivo							
			Com queima (EWRC)				Sem queima (EWRC)			
			PRÉ (a) 30 DAA <sub>a</sub>	PÓS (b)			PRÉ (a) 30 DAA <sub>a</sub>	PÓS (b)		
	35 DAA <sub>b</sub>	60 DAA <sub>b</sub>	90 DAA <sub>b</sub>		35 DAA <sub>b</sub>	60 DAA <sub>b</sub>	90 DAA <sub>b</sub>			
1. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
2. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PÓS	-	2	1	1	-	2	1	1
3. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
4. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
5. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
6. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
7. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
8. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PÓS	-	6	1	1	-	5	1	1
9. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
10. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1
11. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PRÉ	1	1	1	1	1	1	1	1
12. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PÓS	-	5	1	1	-	5	1	1

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré (a) ou pós-emergência (b). **DAA** dias após a aplicação.

Para as aplicações realizadas em PÓS foram observados sintomas de injúrias causadas pelos herbicidas, mas apenas na avaliação realizada aos 35 DAA<sub>b</sub>. Os tratamentos aplicados em PÓS em ambos os sistemas de cultivo apresentaram os seguintes sintomas na avaliação de 35 DAA<sub>b</sub>:

- Tebuthiuron + amicarbazone provocou bronzeamento e clorose em algumas folhas de poucas plantas (nota 2 EWRC);
- Tebuthiuron + hexazinone provocou clorose generalizada no limbo das folhas atingidas, necrose nas bordas de algumas folhas (nota 5 EWRC);
- Tebuthiuron + isoxaflutole provocou clorose no limbo das folhas atingidas em várias plantas, deixando parte de algumas folhas com uma tonalidade rosada. Também foram observadas necroses em algumas de folhas de poucas plantas (nota 5 EWRC);
- Clomazone + [diuron+hexazinone] provocou clorose generalizada no limbo das folhas de várias plantas com alguns pontos com necrose e muitas listras avermelhada entre as nervuras (nota 6 EWRC na cana com queima e nota 5 EWRC na sem queima);
- Tebuthiuron + sulfentrazone provocou necrose em algumas folhas de algumas plantas, localizada entre as nervuras e bordas das folhas atingidas pela aplicação (nota 5 EWRC);
- Tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone provocou clorose generalizada no limbo das folhas atingidas, deixando parte de algumas folhas com uma tonalidade rosada e algumas necroses na extremidade das folhas (nota 5 EWRC).

Nas duas avaliações seguintes (60 DAA<sub>b</sub> e 90 DAA<sub>b</sub>) nenhum outro sintoma de injúria foi observado nas folhas novas da cana, independentemente do sistema de cultivo empregado (cana com e sem queima), o que resultou em nota 1 EWRC para todos os herbicidas. No entanto, as folhas velhas atingidas pela aplicação em alguns casos não apresentavam progressão dos sintomas (por exemplo com amicarbazone) e em outros casos houve progressão da necrose para todo o limbo foliar (por exemplo com tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone).

Considerando apenas a avaliação de fitointoxicação utilizando a escala EWRC, mesmo os tratamentos que apresentaram sintomas na avaliação de 35 DAA<sub>(b)</sub> seriam considerados seletivos para a cultura da cana-de-açúcar, uma vez que todos os sintomas decorrentes da aplicação de herbicidas desapareceram ao longo do período de avaliação.

Nos dois sistemas de cultivo os sintomas de fitointoxicação que foram observados depois das aplicações em PÓS (35 DAA<sub>b</sub>) foram semelhantes. No entanto, para o tratamento clomazone + [diuron+hexazinone] na cana com queima havia maior número de folhas em maior número de plantas com necrose (nota 6 EWRC).

Desta forma se fosse considerada apenas a avaliação visual de fitointoxicação, todos os tratamentos contendo misturas de herbicidas em tanque deveriam ser considerados seletivos para a cana.

Os resultados das avaliações de estande, altura, comprimento e diâmetro de colmos industrializáveis encontram-se na tabela 2.3 (com queima) e na tabela 2.4 (sem queima).

**Tabela 2.3.** Probabilidade de significância ( $Pr > F_c$ ) para as variáveis estande ( $n^\circ$  colmos  $m^{-1}$ ), altura de colmos (cm), comprimento (cm) e diâmetro (mm) de colmos industrializáveis após aplicação de misturas em tanque de herbicidas em pré e pós-emergência em cana com queima da palha.

Tratamentos	Doses g i.a. $ha^{-1}$	Aplic.	Estande		Altura		Colmos industrializáveis aos 330 DAC	
			60 DAC	260 DAC	60 DAC	260 DAC	Comprimento	Diâmetro
1. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PRÉ	1,0000	0,6384	0,7996	0,1096	0,5428	0,5403
2. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PÓS	0,2478	0,3657	0,2341	0,9684	0,6383	0,8368
3. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PRÉ	0,8305	0,9975	0,7440	0,7994	0,4685	0,8631
4. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PÓS	0,8116	0,1512	0,8152	0,8779	0,4160	0,5825
5. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PRÉ	0,8305	0,8104	0,1513	0,9866	0,6524	0,3083
6. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PÓS	0,7406	0,7190	0,4923	0,1135	0,8310	<b>0,0420</b> (-)
7. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PRÉ	0,6533	0,7547	0,6676	0,7255	0,3505	0,8368
8. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PÓS	0,8494	0,3082	0,1793	0,2954	0,7703	0,0851
9. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PRÉ	0,7385	0,6339	0,8289	0,8651	0,4572	0,6203
10. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PÓS	0,9238	0,6910	0,2119	0,1381	0,9663	0,9899
11. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PRÉ	0,0731	0,0639	0,0709	0,9232	0,7445	0,6960
12. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PÓS	0,2301	0,1379	0,7063	0,6494	0,2479	0,9933
CV (%)			12,06	9,86	11,18	3,15	4,42	3,01

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Pr > F<sub>c</sub>:** probabilidade do F ser significante. Valores de **Pr > F<sub>c</sub>** inferiores a 0,05 são considerados significativos. (+) indica que a média da subparcela com herbicida é maior do que a média da subparcela sem herbicida. (-) indica que a média da subparcela com herbicida é menor do que a média da subparcela sem herbicida.

**Tabela 2.4.** Probabilidade de significância ( $Pr > F_c$ ) para as variáveis estande ( $n^{\circ}$  colmos  $m^{-1}$ ), altura de colmos (cm), comprimento (cm) e diâmetro (mm) de colmos industrializáveis após aplicação misturas em tanque de herbicidas em pré e pós-emergência em cana sem queima da palha.

Tratamentos	Doses g i.a. $ha^{-1}$	Aplic.	Estande		Altura		Colmos industrializáveis aos 330 DAC	
			60 DAC	260 DAC	60 DAC	260 DAC	Comprimento	Diâmetro
1. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PRÉ	0,8246	0,9263	0,3981	0,7931	0,8131	0,1754
2. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PÓS	0,5803	0,5969	0,4587	0,0673	0,0905	0,1780
3. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PRÉ	0,3593	0,7925	0,8244	<b>0,0052</b> (-)	0,6035	0,7080
4. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PÓS	0,8523	0,4257	<b>0,0496</b> (-)	0,6272	0,8354	0,0924
5. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PRÉ	0,6311	0,7871	0,2606	0,3148	0,6898	0,7452
6. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PÓS	0,9699	0,8200	0,2373	0,8734	0,8318	0,8817
7. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PRÉ	0,6564	0,0745	0,2166	0,4451	0,8219	0,2838
8. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PÓS	0,6854	0,3296	<b>0,0496</b> (-)	0,2600	0,1933	0,4278
9. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PRÉ	0,7955	0,5029	0,3905	0,8348	0,7076	0,2427
10. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PÓS	0,4838	0,4763	0,9204	0,7913	0,6493	0,6716
11. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PRÉ	0,9118	0,4278	0,9513	0,9101	0,5048	0,2696
12. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PÓS	0,8264	0,1743	0,4604	0,1441	0,4264	0,9714
CV (%)			15,39	9,35	9,79	3,48	6,45	4,63

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Pr > F<sub>c</sub>:** probabilidade do F ser significante. Valores de **Pr > F<sub>c</sub>** inferiores a 0,05 são considerados significativos. (+) indica que a média da subparcela com herbicida é maior do que a média da subparcela sem herbicida. (-) indica que a média da subparcela com herbicida é menor do que a média da subparcela sem herbicida.

Pelas probabilidades de significância contidas na tabela 2.3, conclui-se que nenhuma das misturas em tanque utilizadas em cana com queima da palha, tanto em PRÉ quanto em PÓS, afetou o estande da cultura, a altura das plantas e o comprimento de colmos industrializáveis. No caso do diâmetro de colmos industrializáveis, a aplicação da mistura tebuthiuron + isoxaflutole provocou a redução do mesmo quando se comparou a subparcela que recebeu herbicida com a subparcela sem herbicidas.

No caso da cana sem queima da palha (tabela 2.4), não houve efeito significativo das misturas de herbicidas em relação ao estande, comprimento e diâmetro de colmo industrializáveis. No entanto, o tratamento composto pela mistura de tebuthiuron + hexazinone afetou a altura das plantas aos 60 DAC para aplicação em PÓS e aos 260 DAC para aplicação em PRÉ. Outro tratamento que também afetou a altura das plantas aos 60 DAC foi aquele composto pela mistura clomazone + [diuron+hexazinone].

Portanto, analisando as variáveis-resposta relacionadas ao estande, altura, comprimento e diâmetro de colmos industrializáveis, apenas a mistura tebuthiuron + isoxaflutole aplicada em PÓS poderia ser considerada como não seletiva para a cana-queimada. No caso da cana-crua, clomazone + [diuron+hexazinone] em PÓS e também tebuthiuron + hexazinone em ambas modalidades de aplicação (PRÉ e PÓS) poderiam ser considerados como tratamentos não seletivos.

Os dados de produtividade da cana (TCH) para os dois sistemas de cultivo estão dispostos na tabela 2.5.

**Tabela 2.5.** Produtividade de cana-de-açúcar após aplicação de misturas em tanque de herbicidas em pré e pós-emergência em cana com e sem a queima da palha nas condições do noroeste do Paraná.

Tratamentos herbicidas	Doses g i.a. ha <sup>-1</sup>	Aplic.	Sistema de cultivo							
			Com queima TCH (ton ha <sup>-1</sup> )				Sem queima TCH (ton ha <sup>-1</sup> )			
			Trat	TD	Dif.	Pr>Fc	Trat	TD	Dif.	Pr>Fc
1. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PRÉ	89,99	90,32	-0,33	0,9189	67,73	75,76	<b>-8,02</b>	0,0432
2. tebuthiuron + amicarbazone	1000 + 840	PÓS	80,03	86,59	<b>-6,56</b>	0,0455	69,60	78,54	<b>-8,94</b>	0,0251
3. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PRÉ	89,33	85,96	3,37	0,2955	77,20	72,32	4,88	0,2103
4. tebuthiuron + hexazinone	1100 + 262,5	PÓS	83,59	90,37	<b>-6,78</b>	0,0394	66,40	76,64	<b>-10,24</b>	0,0111
5. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PRÉ	89,15	95,74	<b>-6,59</b>	0,0448	73,42	79,13	-5,71	0,1446
6. tebuthiuron + isoxaflutole	900 + 82,5	PÓS	82,99	91,10	<b>-8,11</b>	0,0149	71,28	79,55	<b>-8,27</b>	0,0373
7. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PRÉ	88,58	90,41	-1,83	0,5673	67,59	77,30	<b>-9,71</b>	0,0156
8. clomazone + [diuron+hexazinone]	1280 + [1170+330]	PÓS	84,46	90,21	<b>-5,76</b>	0,0777	59,64	77,74	<b>-18,11</b>	0,0000
9. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PRÉ	84,47	88,23	-3,76	0,2437	67,27	76,83	<b>-9,57</b>	0,0171
10. tebuthiuron + sulfentrazone	1200 + 625	PÓS	85,37	91,49	<b>-6,12</b>	0,0615	65,86	72,46	<b>-6,61</b>	0,0929
11. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PRÉ	87,56	90,35	-2,79	0,3842	71,68	72,97	-1,29	0,7384
12. tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone	900 + 82,5 + 187,5	PÓS	82,80	88,42	<b>-5,62</b>	0,0850	64,98	75,82	<b>-10,84</b>	0,0075
CV (%)				5,11				7,47		
DMS (Tukey, 10%)				5,35				7,47		

**Aplic.:** Modalidade de aplicação dos tratamentos pré ou pós-emergência. **Trat.:** Média obtida na subparcela com herbicida; **TD:** Média da subparcela sem herbicida; **Dif:** Diferença entre a subparcela com herbicida e sem herbicida; **Pr>Fc:** probabilidade do F ser significativo. Valores de **Pr>Fc** inferiores a 0,1 são considerados significativos.

Todas as misturas em tanque aplicadas em PÓS em cana-queima e cana-crua apresentaram produtividade de colmos menor do que as suas respectivas testemunhas. Para cana com queima a redução na produtividade de colmos variou entre 5,62 e 8,11 ton ha<sup>-1</sup>, e para cana sem queima as reduções variaram entre 6,61 e 18,11 ton ha<sup>-1</sup>. Para todas as misturas em tanque avaliadas no presente trabalho as reduções de produtividade em cana sem queima foram maiores do que aquelas observadas em cana com queima. Em média, as misturas em tanque aplicadas em PÓS na cana-queimada diminuíram a produtividade em 6,5 ton ha<sup>-1</sup> e quando aplicadas em cana sem queima diminuíram a produtividade em 10,5 ton ha<sup>-1</sup>.

Para as aplicações realizadas em PRÉ a única mistura em tanque que afetou a produtividade na cana com queima foi tebuthiuron + isoxaflutole. No caso da cana sem queima, três misturas em tanque (tebuthiuron + amicarbazone, clomazone + [diuron+hexazinone] e tebuthiuron + sulfentrazone) apresentaram redução da produtividade em relação às suas respectivas testemunhas. Isto indica que, para aplicações em PRÉ, o uso de misturas em tanque em cana sem queima apresenta mais riscos para a produtividade do que em cana com queima. Considerando a redução de produtividade observada no único tratamento aplicado em PRÉ que afetou a produtividade da cana com queima (tebuthiuron + isoxaflutole = 6,59 ton ha<sup>-1</sup>), observa-se que a intensidade do prejuízo foi aparentemente menor do que aquela observada para a média dos três tratamentos que afetaram a produtividade em cana-crua (tebuthiuron + amicarbazone, clomazone + [diuron+hexazinone] e tebuthiuron + sulfentrazone = média de 9,40 ton ha<sup>-1</sup> de redução). Conclui-se que as aplicações de misturas em tanque mesmo em PRÉ na cana sem queima reduzem a produtividade mais do que em cana com queima.

#### **5.4. Sumarização dos resultados para os experimentos 3 e 4**

- De todos os tratamentos herbicidas avaliados, tanto em cana sem queima quanto em cana com queima, 12 ocasionaram redução da produtividade em PÓS e três em PRÉ, o que sugere que aplicações em PRÉ são relativamente mais seletivas para a cultura do que aplicações em PÓS.
- Para aplicações em PRÉ, o uso de misturas em tanque, em cana sem queima, apresenta maior potencial de redução de produtividade do que em cana com queima.
- Resultados das avaliações de fitointoxicação e de efeito dos tratamentos sobre variáveis-resposta ligadas ao crescimento ou aos componentes de produtividade da cana não apresentam necessariamente relação direta com os resultados de produtividade.

- Considerando a produtividade (TCH) como a variável-resposta de maior relevância para avaliar a seletividade de misturas em tanque de herbicida, todas as misturas aplicadas em cana com queima em PRÉ foram seletivas, exceto tebuthiuron + isoxaflutole.
- Considerando a TCH da cana sem queima, as misturas em tanque de tebuthiuron + hexazinone, tebuthiuron + isoxaflutole e tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone aplicadas em PRÉ foram consideradas seletivas.
- Nenhuma mistura em tanque aplicada em PÓS foi seletiva para cana com ou sem queima da palha
- As reduções de produtividade em cana sem queima foram mais frequentes e em maior intensidade do que aquelas observadas em cana com queima após as aplicações das misturas em tanque estudados neste trabalho.

## 6. DISCUSSÕES GERAIS

Para todos os quatro experimentos de seletividade discutidos até aqui não há correspondência clara entre sintomas de fitointoxicação e produtividade da cana ou entre variáveis respostas de crescimento e produtividade. Portanto, mesmo nos casos onde não há efeito perceptível de injúria é possível que um tratamento herbicida afete a produtividade. Por outro lado, injúrias percebidas nas plantas após a aplicação de herbicidas (isolados ou em misturas em tanque) nem sempre apresentarão efeitos negativos na produtividade.

Considerando a TCH (Tabela 1.5 e Tabela 2.5) como a variável-resposta decisiva para determinar a seletividade de um tratamento herbicida, a discussão a seguir é válida.

### 6.1. Aplicações em PRÉ *versus* Aplicações em PÓS:

De modo geral as aplicações em PRÉ foram mais seletivas do que aplicações em PÓS.

Para produtos aplicados de forma isolada (experimentos 1 e 2) nenhum caso de redução de produtividade foi observado em cana com queima, e três herbicidas afetaram a produtividade da cana sem queima. Portanto, em apenas três de quatorze (sete tratamentos aplicados em PRÉ no experimento 1 + sete tratamentos aplicados em PRÉ no experimento 2 = 14 tratamentos) situações possíveis de aplicações isoladas de herbicidas em PRÉ houve redução na produtividade, ao passo que onze de quatorze (sete tratamentos aplicados em PÓS no experimento 1 + sete tratamentos aplicados em PÓS no experimento 2 = 14 tratamentos) situações possíveis em PÓS causaram redução na produtividade.

Quando são utilizadas misturas (experimentos 2 e 3), quatro em doze situações de aplicações em PRÉ apresentaram redução na produtividade, ao passo que 100% das aplicações em PÓS afetaram a TCH.

Verifica-se que a frequência de ocorrência de redução de produtividade em cana é significativamente maior para aplicações realizadas após a rebrota da cana.

Em trabalho semelhante conduzido na localidade de Bom Sucesso-PR utilizando a metodologia de testemunhas duplas, Fagliari et al. (2002) constataram que a maioria dos herbicidas aplicados em PÓS foram considerados não seletivos para a cana-de-açúcar e os tratamentos aplicados em PRÉ foram seletivos. Montório et al. (2005), também utilizando

testemunhas duplas, observaram que todos os tratamentos aplicados em PRÉ foram seletivos a cultura da cana. No entanto, em um grupo de dez tratamentos herbicidas aplicados em PÓS, seis tratamentos reduziram significativamente a produtividade. Estes resultados corroboram com a ideia de que herbicidas aplicados em PRÉ foram mais seletivos a cultura da cana-de-açúcar.

## **6.2. Aplicações em cana com queima versus Aplicações em cana sem queima:**

Estabelecendo o mesmo raciocínio anterior, a frequência de herbicidas isolados que afetou a TCH de cana queimada foi de seis em quatorze e de sete em doze quando foram utilizadas misturas de herbicidas, o que resulta numa frequência de 50%. Em cana sem queima, oito de quatorze possibilidades afetaram a produtividade com uso de herbicidas isolados e nove de doze possibilidades afetaram a produtividade quando misturas em tanque foram utilizadas, o que resulta em 65% de frequência de ausência de seletividade de herbicidas em relação à produtividade de cana.

Além do fato de apresentar maior frequência de casos de redução na produtividade, o sistema de cultivo de cana sem queima tende a apresentar maior intensidade de prejuízos, especialmente quando são utilizadas misturas em tanque.

Negrisola et al. (2007) observaram que a aplicação de tebuthiuron sobre a palha de cana-de-açúcar resultou em excelente controle de *I. grandifolia*, quando ocorreu precipitação de 20 mm 24 horas após a pulverização do herbicida. Já Cavenaghi et al. (2007) constataram que a interceptação quase que total do herbicida amicarbazone pela palha de cana-de-açúcar em quantidades de palha iguais ou superiores a 5 t ha<sup>-1</sup>, demonstrando que o herbicida precisa de chuva após a sua aplicação para transpor a camada de palha e atingir o solo. Na quantidade de 5 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar, a lâmina de 2,5 mm lixiviou 40% do produto.

Cavenaghi et al. (2006) e Cavenaghi et al. (2007) avaliando a transposição dos herbicidas amicarbazone e imazapic, pela palha de cana-de-açúcar, observaram que quantidades superiores a 5 ton ha<sup>-1</sup> de palha de cana foram suficientes para interceptar todo o produto aplicado. Segundo Cavenaghi et al. (2007), o herbicida amicarbazone apresentou lixiviação da palha para o solo a partir de pequenas quantidades de chuva (2,5 mm), sendo os 20 mm iniciais de chuva os mais importantes no carregamento deste herbicida. Maciel & Velini (2005) trabalhando com diferentes coberturas mortas, utilizando traçantes para quantificar a

transposição da palhada em diferentes situações, observaram que nas condições a água da chuva foi o principal e também o único componente responsável pelo transporte desses herbicidas até a superfície do solo.

Considerando que no momento da aplicação do PRÉ na cana sem queima havia uma camada de 9 ton ha<sup>-1</sup> e seguindo a lógica de transposição da palhada sugerida por Cavenaghi et al. (2007) onde 5 ton ha<sup>-1</sup> são suficientes para interceptar quase a totalidade do herbicida pulverizado. Destacando também o que Maciel & Velini (2005) constataram, que a água da chuva foi o principal responsável pelo herbicida transpor a cobertura morta até o solo. Uma vez que na primeira quinzena logo após a aplicação dos tratamentos PRÉ houve uma baixíssima precipitação (Quadro C), é possível supor que os tratamentos aplicados na cana com queima tenham atingido o solo antes que os tratamentos aplicados na cana sem queima ou que os tratamentos aplicados na cana com queima tenham atingido o solo em um período em que a cana apresentava pouca atividade transpiratória. Por outro lado, os mesmos tratamentos aplicados em cana sem queima só atingiram o solo após as primeiras precipitações, período em que a cana já estava rebrotada e fisiologicamente mais ativa, teoricamente absorvendo mais herbicida do que na cana-queimada. Outra possibilidade é que os herbicidas na cana com queima tenham lixiviado mais e degradado mais, estando disponíveis em menor quantidade, quando comparados à cana sem queima

### **6.3. Aplicação de herbicidas isolados *versus* Aplicações de misturas em tanque:**

Considerando que aplicações em PRÉ são mais seletivas que aplicações em PÓS, alguns herbicidas como tebuthiuron, isoxaflutole e sulfentrazone quando aplicados isolados em PRÉ na cana-crua, reduziram a produtividade.

No entanto, para os herbicidas aplicados em mistura em tanque os tratamentos aplicados em PRÉ que reduziram a produtividade foram tebuthiuron + isoxaflutole aplicado em cana-queimada e três misturas em tanque aplicadas em cana-crua: tebuthiuron + amicarbazone, clomazone + [diuron+hexazinone] e tebuthiuron + sulfentrazone. Assim constata-se que, exceto no tratamento clomazone + [diuron+hexazinone], todos os tratamentos que reduziram a produtividade, quando aplicados em mistura em tanque, continham pelo menos um dos herbicidas que reduziram a produtividade quando aplicados isoladamente.

Montório et al. (2005) trabalhando com cana com queima constataram que tebuthiuron (1100 g ha<sup>-1</sup>) aplicado em pré-emergência foi seletivo à cultura. Porém, quando tebuthiuron

(960 g ha<sup>-1</sup>) isolado ou em mistura em tanque foi aplicado em PÓS reduziu significativamente a produtividade.

## 7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Considerações ponderando os resultados de todos os experimentos:

- Sistemas de cultivo de cana com queima ou cana sem queima apresentaram injúrias visuais semelhantes durante a aplicação de herbicidas.
- Avaliações visuais de fitointoxicação e variáveis-resposta ligadas ao crescimento ou aos componentes de produtividade da cana não apresentaram necessariamente relação direta com os resultados de produtividade.
- Considerando os experimentos 1, 2, 3 e 4, temos como tratamentos seletivos para aplicação em PRÉ na cana com queima: amicarbazone ( $1050 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron ( $1100 \text{ g ha}^{-1}$ ), isoxaflutole ( $150 \text{ g ha}^{-1}$ ), sulfentrazone ( $750 \text{ g ha}^{-1}$ ), flumioxazin ( $150 \text{ g ha}^{-1}$ ), hexazinone ( $262,5 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + amicarbazone ( $1000 + 840 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + hexazinone ( $1100 + 262,5 \text{ g ha}^{-1}$ ), clomazone [diuron+hexazinone] ( $1280 + [1170+330] \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + sulfentrazone ( $1200 + 625 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone ( $900 + 82,5 \text{ 187,5 g ha}^{-1}$ ).
- Considerando os experimentos 1, 2, 3 e 4, temos como tratamentos seletivos para aplicação em PRÉ na cana sem queima: amicarbazone ( $1050 \text{ g ha}^{-1}$ ), flumioxazin ( $150 \text{ g ha}^{-1}$ ), hexazinone ( $262,5 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + hexazinone ( $1100 + 262,5 \text{ g ha}^{-1}$ ), tebuthiuron + isoxaflutole ( $900 + 82,5 \text{ g ha}^{-1}$ ) tebuthiuron + isoxaflutole + hexazinone ( $900 + 82,5 \text{ 187,5 g ha}^{-1}$ ).
- A cana cultivada no sistema de cultivo de cana sem queima é mais sensível à aplicação de herbicidas do que no sistema de cana com queima.
- Para aplicações em PRÉ, o uso de misturas em tanque em cana sem queima apresenta mais riscos para a produtividade do que em cana com queima.
- Considerando os experimentos 1, 2, 3 e 4, praticamente todos os tratamentos aplicados em PÓS reduziram a produtividade.
- Os únicos tratamento seletivos para aplicação em PÓS foram o flumioxazin ( $150 \text{ g ha}^{-1}$ ) na cana-queimada e cana com queima e o amicarbazone ( $1050 \text{ g ha}^{-1}$ ) na cana sem queima
- O herbicida flumioxazin foi o tratamento mais seletivo entre as aplicações em PÓS.

- De modo geral as aplicações em PRÉ são mais seletivas que as aplicações em PÓS.
- Herbicidas que reduzem a produtividade quando aplicados isoladamente em PRÉ tendem a reduzir a produtividade quando aplicados em mistura em tanque, mesmo com doses menores.

## 8. CONCLUSÕES

Nas condições que os experimentos foram conduzidos podemos concluir que:

- O sistema de cultivo de cana sem queima é mais sensível do que o sistema de cana com queima para aplicação de herbicidas em PRÉ ou PÓS;
- Aplicações em PRÉ são mais seletivas que aplicações em PÓS.
- Herbicidas que reduzem a produtividade quando utilizados isoladamente tendem a reduzir a produtividade mesmo em menor dose quando utilizados em mistura.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R.R. et al. Condições climáticas para cana-de-açúcar In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. I, p.42-55.

ALLETO, L. et al. Tillage management effects on pesticides fate in soil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.30, p. 367-400, 2009.

ALMEIDA, H. A. **Probabilidade de ocorrência de chuva no Sudeste da Bahia**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 182, 32p., 2001.

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R.C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.653-659, 2000.

AZANIA, C.A.M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 2004. 116f. Tese (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, 2004.

AZANIA, C.A.M. et al. Manejo químico de convolvulaceae e euphorbiaceae em cana de açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.

BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N.A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. In: PLANALSUCAR – Coordenadoria Regional Sul – COSUL, Araras, 1977. p.1-22.

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: Simpósio sobre manejo estratégico de pastagem. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

BARELA, J.F. **Seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) afetada pela interação com nematicidas aplicados no plantio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BARELA, J.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB 867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v.24, p.371-378, 2006.

BLACKBURN, F. **Sugar-cane**. Longman: New York. 1984. 414 p.

CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, v.52, p.169-72, 1993.

CARVALHO, J.C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, J.C.

**Aspectos de resistências de plantas daninhas a herbicidas.** 2. ed. Campinas: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, 2004. p. 22-44.

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

CATANEO, A.C.; CARVALHO, J.C. **Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentalização vacuolar.** In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 78 p.

CAVENAGHI, A.L. et al. Dinâmica do herbicida imazapic aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. **Resumos...** Brasília: SBCPD/ UNB/ Embrapa Cerrados, 2006. p. 360.

CAVENAGHI, A.L. et al. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P.J. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas.** Disponível em: <[http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/1c678d0ba742019483256e19004af5b8/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/\\$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/1c678d0ba742019483256e19004af5b8/e5595a4efa1a6821032570d8004576de/$FILE/Anais%20Jacob%20Christofoletti.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2014.

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

CONSTANTIN, J. **Avaliação da seletividade do herbicida halosulfuon à cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** 1996. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da *Brachiaria decumbens* Stapf. com a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** 1993. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

CORREIA, N.M.; KRONKA JR, B. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta daninha**, vol.28, n.4, pp. 853-863, 2010.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In Heinz, D.J. (ed.) **Sugarcane improvement through breeding.** Elsevier, Amsterdam. P.7-84, 1987.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water.** Rome: FAO, 1979, 212p. (FAO. irrigation and drainage paper, 33).

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC. Committe of Methods in Weed Reserch. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964.

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

FAGLIARI, J.R.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J. Nova metodologia para avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1223-1228, 2002.

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

FERREIRA, F. **Caracterização cromossômica em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp., Poaceae**. Unicamp, 94p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação do Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução do uso de marcadores moleculares em análise genética**. EMBRAPA/CENARGEM, 1998. 220p.

FERREIRA, R.V. **Uso da análise multivariada para caracterização de comunidades infestantes em cana-soca**. 2009. 50 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. IN: DINARDO-MIRANDA, L.L.; DE VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. 1. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, p. 31-44, 2008.

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, 2009.

GIORDANI, G.M.R.C. et al. Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-transplante da cultura da alface. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.22, n.4, p. 985-991, 2000.

HARTZLER, B. **Absorption of Soil-Applied Herbicides**. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm>>. Acesso em: dez. 2015.

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.

HORNSBY, A.G., et al. **Pesticide properties in the environment**. New York: Springer Verlag, 1995. 227 p.

JAYABAL, V.; CHOCKALINGAM, S. Effect of depth of planting and time of harvest on the yield and quality of sugarcane. **Bharatiya sugar**. v. 16, n. 2, p.37-8, 1990.

KOGAN, M.A.; PÉREZ, J.A. Dinámica de los herbicidas aplicados al follaje y factores determinantes de su actividad. In: KOGAN, M.A.; PÉREZ, J.A. (Ed.) **Herbicidas**:

**fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción.** Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003. p. 88-136.

KUVA, M.A. **Efeito de períodos de convivência e de controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no estado de São Paulo.** 1999. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

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

KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.241-251, 2000.

LAVORENTI, A. et al. Comparação entre hidróxido de sódio e pirofosfato de sódio na extração e distribuição do resíduo ligado de <sup>14</sup>C-atrazina, nas frações húmicas de dois solos. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.7, p.77-88, 1997.

LEE, S.S. **Avaliação da seletividade de herbicidas em duas variedades de soja, sob duas densidades de semeadura.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

LOCKE, M.A.; BRYSON, C.T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade.** Piracicaba: ESALQ, 2003. p.47-79.

LORENZI, H. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DEAÇÚCAR, 4., 1995, Recife. **Anais...** Recife: 1995.

MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D. Simulação do caminamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2005.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T.; (Coord.). **Ecofisiologia da produção.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS), 1997. p.113-118.

MARTINS, L.M.; LANDELL, M.G.A. **Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no PROGRAMA CANA IAC.** PINDORAMAS: S.N, 1995. P.45.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A.A.F.; ARIZONO, H. Melhoramento de cana-de-açúcar. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**, Imprensa Universitária, p.205-251, 1999.

MONTÓRIO, G.A. **Avaliação da seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp. cv. RB 835089*) utilizando-se testemunhas laterais**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.

MONTÓRIO, G.A.; CONSTANTIN, J.; VELINI, E.; MONTÓRIO, T. Seletividade de herbicidas sobre as características de produção da cana-de-açúcar utilizando-se duas testemunhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, n.1, p.146-155, 2005.

NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 603-611, 2007.

NEGRISOLI, E. et al. 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.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba-PR, Ominipax, 348 p, 2011.

OLIVEIRA, M.F. Mecanismos de ação de herbicidas. OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p.207-260.

OLIVEIRA, M.F.; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente In: OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba-PR: Ominipax, 2011. p.263-304.

PEDRINHO, A.F.F.; DURIGAN, J.C. Controle de capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.2, n.3, p.125-131, 2001.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; MELLO, M.H.A.; PEZZOPANE, J.E.M. **Caracterização agroclimática da microbacia: Alto Curso do Ribeirão São Domingos (Pindorama)**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1994. 27p. (Boletim Técnico, 150).

PIMENTA, S. C.; SPADOTTO, A. J. A experiência em uma unidade produtora de cana orgânica. **SACCHARUM: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, Piracicaba, p. 30, 1999.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-17, 1985.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, A.A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2.ed. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2008. 780 p.

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

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Edição dos Autores, 697p., 2011.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, J.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III. Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.425-431, 1987.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. I, p.373-431.

SILVA, A.A. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2003. 260 p.

SILVA, P.V.; MONQUERO, P.A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 94-103, 2013.

SOARES, A. B. et al. (2008). Manejo integrado de plantas daninhas em cana-de-açúcar em grandes unidades de produção-Visão prática. En: Karam, D.; Tabim Mascarenhas, M. H. y Silva, J. B. (Eds.). **A Ciência das Plantas Daninhas na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas**. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 26; Congresso de la Asociación Latino-Americana de Malezas-ALAM, 18. Ouro Preto, MG. Brasil. **Livro de Palestras SBCPD-ALAM**. 122 pp. 2008.

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

TOFOLI, G.R. et al. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.

VASCONCELLOS, G.F.; VIDAL, J.W.B. **Poder dos trópicos: meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira**. São Paulo: Casa Amarela, 1998. 303 p.

VELINI, E. et al. Avaliação da seletividade do clomazone aplicado em pré e pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Etanol e Subprodutos**, Piracicaba, v.10, n.17, p. 13-16, 1996

VELINI, E.D. **Estudo e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia**. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 1995. 250p. (Tese de Doutorado).

VELINI, E.D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000.

## **ANEXO**

## PROCEDIMENTO PARA INSTALAÇÃO E ANÁLISE DE EXPERIMENTOS NO SISTEMA DE TESTEMUNHA DUPLA

### Forma de instalação e coleta de dados

Considerando que a análise de experimentos conduzidos no sistema testemunha dupla é pouco divulgada e conhecida pela comunidade científica, segue abaixo o roteiro seguido para instalação, coleta, processamento e análise dos dados.

O croqui para disposição dos tratamentos a campo deve seguir os exemplos expostos no Anexo 1. Onde os tratamentos herbicidas devem ser sorteados de forma aleatória dentro de cada Bloco, e logo em seguida deve ser acrescido uma parcela testemunha (Test.) na frente e atrás (testemunhas adjacentes) de cada parcela tratamento (T1 ou T2) formando assim o sistema de testemunha dupla.

**Anexo 1.** Croqui do utilizado no sistema de testemunhas duplas.

Bloco - A	Bloco - B	Bloco - C
101 - Test.	201 - Test.	301 - Test.
T1 A - Com	T1 B - Com	T1 C - Com
102 - Test.	202 - Test.	302 - Test.
T2 A - Com	T2 B - Com	T2 C - Com
103 - Test.	203 - Test.	303 - Test.

Todos os dados coletados devem seguir a mesma disposição do croqui inicial (Anexo 1), pois esses dados precisam ser processados, para posteriormente se realizar a análise estatística.

Por não ter um modelo estatístico próprio para realizar a análise dos dados no sistema de testemunha dupla, é utilizado o modelo estatístico empregado nos ensaios de parcelas divididas. Porém, como podemos observar no Anexo 1 cada tratamento herbicida tem duas testemunhas adjacentes, o que impossibilita a análise com o modelo de parcela subdividida.

Para prosseguir com a análise é necessário processar os dados obtidos, onde será obtida através de uma média simples das duas testemunhas adjacentes de cada tratamento, uma única

testemunha para cada parcela seguindo o mesmo critério do Anexo 2. Após esse processamento os dados podem ser analisados no sistema de parcela dividida, onde a parcela seria o tratamento (herbicida) e a subparcela seria a presença ou ausência de cada tratamento (com herbicida e sem herbicida).

**Anexo 2.** Esquema para obter a média das duas testemunhas adjacentes de cada tratamento.

Bloco - A		Bloco - B		Bloco - C	
101 - Test.		201 - Test.		301 - Test.	
T1 A - Com	T1 A - Sem	T1 B - Com	T1 B - Sem	T1 C - Com	T1 C - Sem
102 - Test.		202 - Test.		302 - Test.	
T2 A - Com	T2 A - Sem	T2 B - Com	T2 B - Sem	T2 C - Com	T2 C - Sem
103 - Test.		203 - Test.		303 - Test.	

Manter os dados na ordem correta de coleta é de extrema importância, visando processá-los posteriormente de maneira correta (Anexo 2).

Após o processamento, os dados devem ser organizados para serem analisados seguindo o exemplo do Anexo 3, facilitando uma análise correta dos dados no sistema parcela dividida.

**Anexo 3.** Esquema de organização dos dados para análise no sistema de parcelas divididas.

Tratamento ( TRAT )	Herbicida ( HERB )	Bloco	Produção ( Prod )
TRAT 1	Com	A	T1 A - Com
TRAT 1	Com	B	T1 B - Com
TRAT 1	Com	C	T1 C - Com
TRAT 1	Sem	A	T1 A - Sem
TRAT 1	Sem	B	T1 B - Sem
TRAT 1	Sem	C	T1 C - Sem
TRAT 2	Com	A	T2 A - Com
TRAT 2	Com	B	T2 B - Com
TRAT 2	Com	C	T2 C - Com
TRAT 2	Sem	A	T2 A - Sem
TRAT 2	Sem	B	T2 B - Sem
TRAT 2	Sem	C	T2 C - Sem

Logo após a tabulação dos dados a análise pode seguir como se fosse um experimento de parcela dividida normal como está exemplificado abaixo.

Um modelo linear comumente utilizado para os experimentos em parcelas divididas com os tratamentos primários em blocos casualizados é  $Y_{ijl} = \mu + b_j + t_i + t_l^* + \delta_{il} + \varepsilon_{ijl}$  em que com:  $i = 1, 2, \dots, I$  tratamentos primários;  $j = 1, 2, \dots, J$  blocos;  $k = 1, 2, \dots, K$  tratamentos secundários;  $y_{ijk}$  é o valor observado na subparcela correspondente ao k-ésimo tratamento secundário, dentro do i-ésimo tratamento primário, no j-ésimo bloco;  $\mu$  é uma constante inerente a todas as observações (às vezes, representa a média geral);  $b_j$  é o efeito do j-ésimo bloco;  $t_i$  é o efeito do i-ésimo tratamento primário;  $t_k^*$  é o efeito do k-ésimo tratamento secundário;  $\delta_{ik}$  é o efeito de interação entre o i-ésimo tratamento primário e o k-ésimo tratamento secundário;  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro aleatório atribuído a observação  $y_{ijk}$ , considerado como o componente do resíduo.

A decomposição do número de graus de liberdade de um ensaio em parcela dividida em que as parcelas são dispostas em blocos casualizados está demonstrado no Anexo 4.

**Anexo 4.** Esquema de análise de variância de um experimento no esquema de parcela dividida com I tratamentos primários, K tratamentos secundários e J repetições, no delineamento de blocos casualizados.

V.C.M.	G.L.
Blocos	J-1
Fator A	I-1
Resíduo (a)	(I-1)*(J-1)
Parcelas	I*J-1
Fator B	K-1
AxB	(I-1)*(K-1)
Resíduo (b)	I*(J-1)*(K-1)
Total	I*J*K-1

Para facilitar o entendimento no Anexo 5 temos a decomposição dos graus de liberdade (G.L.) de um experimento similar ao utilizado como exemplo no Anexo 3.

**Anexo 5.** Esquema de análise de variância exemplo utilizado no Anexo 3.

V.C.M.	G.L.
Blocos	$3-1 = 2$
TRAT (T1 e T2)	$2-1 = 1$
Resíduo (a)	$(2-1)*(3-1) = 2$
Parcelas	$2*3-1 = 5$
HERB (Com e Sem)	$2-1 = 1$
<b>TRAT x HERB</b>	<b><math>(2-1)*(2-1) = 1</math></b>
HERB / T1	$2-1 = 1$
HERB / T2	$2-1 = 1$
Resíduo (b)	$2*(3-1)*(2-1) = 4$
Total	$2*2*3-1 = 11$

Mesmo a interação TRAT x HERB não sendo significativa, a realização do desdobramento é opcional para analisar a interação apenas do lado do HERB (presença ou ausência de herbicida dentro de cada tratamento) utilizando o Resíduo (b) para isso. Por se tratar apenas de duas subparcelas dentro de cada parcela, o p-valor ( $Pr > F_c$ ) obtido em cada desdobramento será conclusivo para a análise dos dados. Por exemplo a diferença entre as duas subparcelas (com e sem herbicida) dentro da parcela (tratamento 1, T1) é ou não significativa.

## CARACTERÍSTICAS VARIEDADE RB 867515

Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar - Universidade Federal de Viçosa (UFV). **PMGCA-UFV-RIDESA BRASIL.** Disponível em <<http://www.canaufv.com.br/cultivaresRB/RB867515%20.pdf>> Acesso em: abril 2016.

### Recomendações:

- Alta produtividade agroindustrial;
- Ótima adaptabilidade e estabilidade de produção em solos de baixa fertilidade natural e menor capacidade de retenção de água;
- Dado a baixa intensidade de perfilhamento, recomenda-se plantar com densidade de gemas de 18 a 20 gemas por metro linear;
- Muito responsiva a aplicação de maturador possibilitando a antecipação do corte para início de safra em solos de menor retenção de água;
- Recomenda-se a utilização de reguladores de crescimento (maturadores) como medida de inibição de florescimento para corte ao final de safra em regiões onde o chochamento decorrente do florescimento é mais intenso.

### Restrições:

- Plantio em ambientes que favoreçam a ocorrência de estria vermelha;
- Quebra de ponteira.

A escolha dessa variedade para o desenvolvimento da pesquisa deve-se ao fato de que ela é a primeira variedade mais cultivada nas áreas produtoras de cana-de-açúcar do Brasil, com um potencial de expansão elevado.

**Anexo 6.** Caracterização morfológica e agrônômica da variedade RB867515.

<b>Característica</b>	<b>Desempenho</b>
Florescimento	Eventual
Chochamento	Médio
Ocamento	Presente
Joçal	Ausente
Despalha	Média/regular
Saliência da gema	Média
Rachadura	Presente
Diâmetro do colmo	Grosso
Densidade do colmo	Alta
Índice de perfilhamento	Regular
Brotação cana-planta	Muito Boa
Brotação soca	Muito Boa
Brotação soca colheita mecanizada	Boa
Velocidade de desenvolvimento	Alta
Fechamento das entrelinhas	Bom
Hábito de crescimento	Ereto
Tombamento	Eventual
Tolerância a herbicida	Alta
Época recomendada para colheita	Jul a Out
Ambiente de produção	C / E

**Anexo 7.** Reação doenças e pragas da variedade RB867515.

<b>Doenças ou pragas</b>	<b>Desempenho</b>
Ferrugem	Tolerante
Carvão	Intermediária
Escaldadura	Intermediária
Estria vermelha	Susceptível
Falsa estria vermelha	Susceptível
Raquitismo	Intermediária
Mosaico	Tolerante
Complexo broca podridões	Tolerante