



**Faculdades Nova  
Esperança**

De olho no futuro

**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA**

**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

DANIEL PEDRO DA SILVA

**MATOCOMPETIÇÃO E FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NO  
DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

JOÃO PESSOA-PB

2023

DANIEL PEDRO DA SILVA

**MATOCOMPETIÇÃO E FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NO  
DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso entregue  
à Faculdade de Enfermagem Nova  
Esperança como exigência para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Linha de pesquisa: Matologia

Orientador: Prof. Dr. Robson da Silva Ramos

JOÃO PESSOA-PB

2023

S579m

Silva, Daniel Pedro da

Matocompetição e fitotoxicidade de herbicidas no desenvolvimento da cana-de-açúcar / Daniel Pedro da Silva – João Pessoa, 2023.

64f.; il.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. D<sup>o</sup>. Robson da Silva Ramos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. *Saccharum* spp. 2. Pré-Emergência. 3. Seletividade. 4. Plantas Daninhas. 5. Cana-Planta. I. Título.

CDU: 633.61

DANIEL PEDRO DA SILVA

**MATOCOMPETIÇÃO E FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS NO  
DESENVOLVIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pelo aluno **Daniel Pedro da Silva**, do Curso de Bacharelado em Agronomia, tendo obtido o conceito \_\_\_\_\_ conforme a apreciação da banca examinadora.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Robson da Silva Ramos

Agronomia - FACENE

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida

Agronomia - FACENE

---

Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins

Agronomia - FACENE

Dedico este trabalho a minha família, em especial à minha mãe, minha esposa e meu filho. Obrigado por tudo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sua infinita misericórdia e amor demonstrados na cruz do calvário, através de seu filho unigênito, Jesus Cristo, pois sem esta demonstração de amor e misericórdia, eu não estaria aqui.

À minha mãe, Maria Marinho do Santos, que desde sempre foi minha mãe e pai na ausência deste; pelo amor e pelos ensinamentos que me fizeram o homem que sou.

Ao meu filho Nickolas Daniel Pedro de Almeida que veio ao mundo e me ensinou o que é o verdadeiro amor e por sua causa quero sempre ser uma pessoa melhor.

Às minhas irmãs, Daniela Pedro da Silva, Ruth Pedro da Silva e Denise Pedro da Silva pelo incentivo nas horas difíceis e pelo amor de irmãos.

À minha amada esposa Ana Carolina Vicente de Oliveira pelo companheirismo, amor e apoio nos momentos de dificuldade; esta vitória também é sua.

Aos professores da Facene que compartilharam seus conhecimentos conosco durante os cinco longos anos de curso, e em especial ao meu orientador Prof. Dr. Robson da Silva Ramos.

Ao Grupo Olho D'água por ceder o que precisei para realização do estudo.

Ao Gerente Agrícola da Usina Giasa, Adriano Costa Cunha, ao Supervisor Silas Alves Monteiro e aos Coordenadores Jocean Tavares e Jailson dos Santos Silva, por todo o apoio que precisei antes, durante e após a condução do estudo.

Agradeço aos demais colaboradores da Usina Giasa que me ajudaram direta ou indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

“Propôs-lhe outra parábola, dizendo: o reino dos céus é semelhante ao homem que semeia boa semente no seu campo.”

Mateus 13:24

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da matocompetição e da fitotoxicidade de herbicidas no desenvolvimento da cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido na usina Giasa, uma empresa do setor sucroenergético pertencente ao Grupo Olho D'água, localizada no município de Pedras de Fogo-PB. O experimento foi instalado seguindo o delineamento em blocos casualizados, com 04 blocos compostos de 08 tratamentos, totalizando 32 parcelas, os tratamentos foram: T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone + clomazone; T2 – sulfentrazone + diurom + hexazinona; T3 – imazapique + amicarbazona; T4 – clomazone + amicarbazona; T5 – piroxasulfona + flumioxazina; T6 – sulfentrazone + piroxasulfona + flumioxazina; T7 – Capina manual. A aplicação dos herbicidas foi realizada 08 dias após o plantio. Os parâmetros avaliados foram: grau de fitotoxicidade, controle de plantas daninhas, número de perfilhos por metro linear, diâmetro dos colmos, altura dos colmos e índice SPAD. Os dados de controle e fitotoxicidade foram mensurados conforme a EWRC e submetidos à análise descritiva, enquanto as demais variáveis foram submetidas à análise de variância e ao teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Constatou-se que o T2 (sulfentrazone + diurom + hexazinona) e T6 (sulfentrazone + piroxasulfona + flumioxazina) apresentaram melhor eficácia para três das quatro plantas daninhas identificadas. Para a variável fitotoxicidade, o T5 (piroxasulfona + flumioxazina) apresentou menor grau de injúrias nas plantas e isso se refletiu nos dados biométricos, com esse tratamento se igualando estatisticamente à testemunha capinada. Por outro lado, dois tratamentos, o T3 (imazapique + amicarbazona) e o T4 (clomazone + amicarbazona), apresentaram fitotoxicidade elevada com impactos no perfilhamento, altura e diâmetro dos colmos, sendo que o T3 foi inferior, inclusive, à testemunha absoluta.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; pré-emergência; seletividade; plantas daninhas; cana-planta.

## ABSTRACT

This work aimed to evaluate the influence of weed competition and phytotoxicity of herbicides on the development of sugarcane. The study was conducted at the Giasa plant, a company in the sugar-energy sector belonging to the Olho D'água Group, located in the municipality of Pedras de Fogo-PB. The experiment was installed following the randomized block design, with 04 blocks composed of 08 treatments, totaling 32 plots, the treatments were: T0 – absolute control; T1 – sulfentrazone + clomazone; T2 – sulfentrazone + diuron + hexazinone; T3 – imazapique + amicarbazone; T4 – clomazone + amicarbazone; T5 – pyroxasulfone + flumioxazin; T6 – sulfentrazone + pyroxasulfone + flumioxazin; T7 – manual weeding. The application of herbicides was carried out 08 days after planting. The evaluated parameters were: degree of phytotoxicity, weed control, number of tillers per linear meter, stem diameter, stem height and SPAD index. Control and phytotoxicity data were measured according to the EWRC and submitted to descriptive analysis, while the other variables were submitted to analysis of variance and the Scott-Knott cluster test at 5% probability. It was found that T2 (sulfentrazone + diuron + hexazinone) and T6 (sulfentrazone + pyroxasulfone + flumioxazin) showed better efficacy for three of the four weeds identified. For the phytotoxicity variable, T5 (pyroxasulfone + flumioxazin) showed a lower degree of injury to the plants and this was reflected in the biometric data, with this treatment being statistically equal to the weeded control. On the other hand, two treatments, T3 (imazapique + amicarbazone) and T4 (clomazone + amicarbazone), showed high phytotoxicity with impacts on tillering, height and diameter of stems, and T3 was even lower than the absolute control.

Key words: *Saccharum* spp.; pre-emergence; selectivity; weeds; plant cane.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	13
2.2 VARIEDADE RB92579 .....	13
2.3 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS.....	15
2.4 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.....	16
2.5 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DOS HERBICIDAS.....	18
2.6 PRODUTO BORAL® – PRINCÍPIO ATIVO: SULFENTRAZONA.....	19
2.7 PRODUTO MAGNETO® – PRINCÍPIO ATIVO: AMICARBAZONA.....	19
2.8 PRODUTO PLATEAU® – PRINCÍPIO ATIVO: IMAZAPIQUE .....	20
2.9 PRODUTO GAMIT STAR® (800) E REATOR® (360) – PRINCÍPIO ATIVO: CLOMAZONE .....	21
2.10 PRODUTO HEXARON® – PRINCÍPIO ATIVO: DIUROM + HEXAZINONA.....	22
2.11 PRODUTO FALCON® – PRINCÍPIO ATIVO: PIROXASULFONA + FLUMIOXAZINA	23
2.12 ATUAÇÃO DOS HERBICIDAS EM SOLOS COM VINHAÇA .....	24
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	26
3.2 DELINEAMENTO, POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	26
3.3 PREPARO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	29
3.4 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS .....	31
<b>3.4.1 Grau de fitotoxicidade na cana-de-açúcar .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.2 Controle de plantas daninhas.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.3 Número de plantas de cana-de-açúcar por metro linear .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.4 Diâmetro e altura dos colmos de cana-de-açúcar .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4.5 Índice SPAD.....</b>	<b>33</b>
3.5 ANÁLISE DOS DADOS .....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
4.1 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....	34
<b>4.1.1 Controle do <i>Cyperus rotundus</i> .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2 Controle da <i>Momordica charantia</i>.....</b>	<b>37</b>

<b>4.1.3 Controle da <i>Dactyloctenium aegyptium</i></b> .....	<b>39</b>
<b>4.1.4 Controle de <i>Cynodon dactylon</i></b> .....	<b>41</b>
4.2 FITOTOXICIDADE .....	42
4.3 ÍNDICE SPAD .....	46
4.4 PERFILHAMENTO E ALTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR .....	48
4.5 DIÂMETRO DO COLMO .....	50
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é cultivada no Brasil há quase quinhentos anos e desde então se tornou um dos negócios mais rentáveis da história brasileira. Do século XVI ao século XVIII, era a atividade econômica predominante entre todas desenvolvidas no país e, atualmente, é a segunda atividade agrícola mais rentável, estando atrás apenas da soja (CARVALHO et al., 2013; NOCELLI et al., 2017; CONAB, 2022).

Pertencente à família *Poaceae*, a cana-de-açúcar é derivada do cruzamento de *S. spontaneum* L., *S. robustum* e *Miscanthus* sp. Provavelmente, o seu centro de origem está localizado no Golfo da Bengala, no Sudeste Asiático, e na Indonésia foi criado um moderno centro de diversidade. A espécie *Saccharum* spp. foi bastante cultivada no litoral brasileiro ao longo do período colonial e adaptou-se bem ao solo da costa do Brasil, apresentando bons resultados em regiões como Pernambuco e recôncavo baiano (NOCELLI et al., 2017).

Na atualidade, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (NACHILUK, 2021; CONAB, 2022). Para a continuidade e maximização dessa produtividade, é imprescindível que sejam realizados os tratamentos culturais da cana-de-açúcar, pois essa etapa envolve todos os processos necessários para que a cultura se desenvolva durante o seu ciclo. Esses processos envolvem, por exemplo, sistemas de irrigação, controle de pragas, controle de doenças, adubação e controle das plantas daninhas, que competem com a cultura principal por recursos limitados no meio, como nutrientes, luz, água e espaço (AZANIA et al., 2021).

O uso de herbicidas químicos para o controle das plantas daninhas na indústria canavieira é o método mais utilizado atualmente. Esse método é justificado pelo cultivo em grandes áreas e pelo alto rendimento, já que pode ser aplicado de forma manual ou mecanizada.

O Brasil é o terceiro país que mais utiliza herbicidas na agricultura em todo o mundo e o sétimo em relação ao consumo por área cultivada. Entre 2000 e 2022, foram aprovados 1.022 produtos comerciais para uso na cultura da cana-de-açúcar, sendo que 2021 foi o ano com maior número de aprovações, totalizando 128 produtos. Entre esses produtos, duas moléculas (Glifosato e 2,4-D) são responsáveis por 43% do total consumido (DE MORAES, 2019; MAPA, 2023). A maioria desses herbicidas é recomendada para uso em pré-emergência e/ou pós-emergência das plantas daninhas e da cultura, sendo o solo o principal destino durante a aplicação (CHISTOFFOLETI et al., 2009).

De uma forma geral, os herbicidas químicos mais empregados na cana-de-açúcar

dispõem de alta persistência no solo e são capazes de controlar as espécies que podem emergir em longo período. Entretanto, alguns herbicidas podem ser lixiviados e ocasionar contaminação das águas e do solo. Com isso, para que se obtenha sucesso com a aplicação de herbicidas químicos, alguns fatores têm que ser levados em consideração, tais como: a cultura principal, aquela objeto do cultivo; características físico-químicas do produto, época de aplicação, espécies identificadas e sua densidade, textura do solo e condições climáticas, entre outros, optando-se pela escolha da melhor prática, e assim minimizando os danos causados pelas plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI et al., 2009; TIRONI; SOUZA, 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o controle químico das plantas daninhas e a influência da fitotoxicidade de diferentes misturas de herbicidas no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas e sua produção deve continuar se expandindo em razão de seu uso como biocombustível no mundo. No Brasil, a cana-de-açúcar se destaca por ser uma das culturas mais cultivadas, com área de 8,3 milhões de hectares e a região Nordeste é responsável por menos de 10% da safra nacional, equivalendo a 847,37 mil hectares, ainda assim é a cultura mais importante no aspecto socioeconômico. Os principais estados produtores no Nordeste são: Alagoas, Bahia, Paraíba e Pernambuco (CONAB, 2022).

Conforme informações do CEPEA (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA), cerca de 3,2% do total de pessoas empregadas no agronegócio está em atividades ligadas à cadeia sucroenergética (BARROS et al., 2018).

Conforme os dados disponibilizados pela CONAB (2022), a produção de cana-de-açúcar no Brasil atingiu 578,76 milhões de toneladas na safra 2021/2022, com uma estimativa de 598,34 milhões na safra 2022/2023, o que representa um aumento de 3,4%. A região Nordeste é responsável por 49,81 milhões de toneladas, o que equivale a 8,61% da produção da safra 2021/2022. Dentro da produção nordestina, a Paraíba ocupa o terceiro lugar, com uma produção de 5,68 milhões de toneladas na safra 2021/2022 e uma estimativa de 6,94 milhões para a safra 2022/2023, representando um aumento de 22,1%.

Em relação à produção de etanol, o Brasil fabricou 29,87 bilhões de litros na safra 2021/2022 e tem uma estimativa de 31,13 bilhões para safra 2022/2023, um aumento de 4,2% na produção. O Nordeste produziu 1,87 bilhão de litros na safra 2021/2022, o que equivale a 6,28% da produção, e tem uma estimativa de 1,99 bilhão de litros para a safra seguinte, um aumento de 6,19% entre as duas safras. Na Paraíba, a produção de etanol foi de 354,60 milhões de litros na safra 2021/2022, com estimativa de 382,73 milhões para a safra 2022/2023. Em relação à área cultivada, a Paraíba ocupa o terceiro lugar na região Nordeste, com 117 mil hectares, ficando atrás de Alagoas e Pernambuco (CONAB, 2022)

### 2.2 VARIEDADE RB92579

É importante salientar que o melhoramento genético das variedades de cana-de-

açúcar é um dos fatores mais importantes que tem contribuído no aumento da produtividade com menor custo, viabilizando assim as pesquisas nesse sentido. Diante disso, a busca contínua pelo melhoramento genético tem se intensificado com parcerias de universidades com empresas do setor sucroenergético (OLIVEIRA; BARBOSA; DAROS, 2021).

Em 2003, a variedade RB92579 foi disponibilizada para os produtores pela Ridesa<sup>1</sup>, resultado do cruzamento da variedade RB75126 fecundada com pólen da variedade RB72199. A primeira fase de seleção iniciou em 1992 e, cinco anos depois, em 1997, o clone foi introduzido em vários campos experimentais no estado de Alagoas (OLIVEIRA; BARBOSA; DAROS, 2021).

A variedade RB92579 tem crescimento ereto, com folhas de pontas curvas e limbo largo, difícil despalha, de cor roxa quando exposta ao sol e amarelo-verde sob a palha, tem sua gema do tipo triangular e possui palmito curto de seção circular de cor verde-roxa. Tem ótimas características agroindustriais com ótima brotação em cana planta e cana soca e facilita a colheita manual queimada e crua devido ao seu porte. Além disso, apresenta alta produtividade nos primeiros quatro ciclos da colheita, tem resposta eficaz à irrigação e se recupera bem após período de seca. Teor elevado de açúcares totais recuperáveis (ATR). Possui resistência moderada à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuenii*), carvão (*Ustilago scitaminea*), escaldadura das folhas (*Xanthomonas albilineans*) e à podridão vermelha (*Colletotrichum falcatum*) e alta resistência à ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) (OLIVEIRA; BARBOSA; DAROS, 2021).

Desde a sua liberação para produtores, em 2003, a RB92579 teve elevada expansão de áreas colhidas no Nordeste, em razão das vantagens desta variedade, de 30% a 40% a mais em relação às variedades que eram mais cultivadas. Ainda no Nordeste, observa-se alta produtividade da RB92579 com média superior a 80 TCH (toneladas de cana por hectare) e quando está sob irrigação plena, a média é superior a 140 TCH. Diante desses resultados, a Ridesa descreveu a RB92579 como sendo: “uma variedade que impactou a produtividade de cana-de-açúcar na Região Nordeste” (OLIVEIRA; BARBOSA; DAROS, 2021, p. 52). Ainda segundo os mesmos autores, as usinas dessa região têm mostrado competitividade. Em 2020 esta variedade foi colhida em 40% dos canaviais Nordestinos e representou cerca de 10% de área colhida no Brasil.

Em trabalho realizado por Da Silva et al. (2020) para avaliar a sensibilidade de mudas pré-brotadas e minirrebolos de cana-de-açúcar a herbicidas pré-emergentes,

---

<sup>1</sup> RIDESA: Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético.

concluíram que a molécula amicarbazona foi seletiva à variedade RB92579 e não causou fitotoxicidade significativa nos períodos avaliados, que foram de 07, 14, 21, 28 e 35 DAE (dias após emergência da cana-de-açúcar), mesmo quando aplicada isoladamente ou em conjunto com o indaziflan.

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2011) avaliando a produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos, concluiu-se que a produtividade das variedades RB92579 e SP81-3250 sob irrigação plena foi superior às demais variedades estudadas, obtendo ganhos acima de 180% enquanto as outras variedades obtiveram ganhos médios de 143% também sob irrigação plena, ou seja, a RB92579 e SP81-3250 foram mais eficientes no uso da água.

Em outro estudo realizado por Costa et al. (2017) para analisar pigmentos fotossintéticos, componentes da produção e produtividade de variedades de cana-de-açúcar, concluiu-se que em relação à produtividade, as variedades RB93509 e a RB92579 foram superiores às demais variedades, obtendo 109,79 TCH e 89,07 TCH, respectivamente. Esse resultado foi considerado alto para um cultivo de quarto ciclo. Quanto à variável TPH (tonelada de pol por hectare), as variedades RB93509 e RB92579 também foram semelhantes e superiores às demais, que não diferiram entre si. Considerando que a TPH é influenciada pela produtividade, as variedades RB93509 e RB92579 foram mais produtivas, apresentando, portanto, maior TPH.

### 2.3 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS COM HERBICIDAS

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância e, por isso, é necessário uma atenção especial com os tratamentos culturais que recebe, dentre os quais se inclui o uso dos herbicidas químicos para o controle das plantas daninhas que afetam negativamente o principal objeto do cultivo da cana-de-açúcar, a saber, a produtividade (SOUZA et al., 2009), pois segundo Azania et al. (2021), essas plantas daninhas competem, principalmente, por água, luz, espaço, gás carbônico e nutrientes, além de liberarem substâncias alelopáticas e podem interferir até mesmo na colheita. No Brasil, essa competição pode chegar a 95% do processo de interferência, sendo o fator mais importante, o que torna necessário reduzir ao máximo o período de convívio com as plantas daninhas (AZANIA, et al., 2021).

Quando a colheita da cana-de-açúcar crua é realizada, há a possibilidade de ocorrer infestação de plantas daninhas, que em sua maioria tem um ciclo longo, porte herbáceo, crescimento trepador e longo período de dormência. Essas plantas podem emergir após o

período de carência de alguns herbicidas, com isto, surgiu a dificuldade para encontrar moléculas capazes de serem simultaneamente seletivas e que executem controle sobre as plantas daninhas em pré e pós-emergência (SILVA, MONQUERO; MUNHOZ, 2015). Para esse controle, Azania et al. (2021) afirmam que:

O correto manuseio dos herbicidas é a única ferramenta técnica disponível que permite otimizar suas vantagens e minimizar ou neutralizar suas desvantagens. A recomendação dos herbicidas precisa ser baseada em quatro pilares fundamentais: a) identificação das espécies dominantes na comunidade infestante, b) identificação do regime pluviométrico dos meses seguintes à aplicação, c) identificação dos herbicidas para o controle das espécies levantadas e de suas características físico-químicas, d) identificação da dose a ser utilizada (AZANIA et al., 2021, p. 09).

No primeiro fundamento: é necessário a realização de identificação das espécies das plantas daninhas presentes no canavial antes da aplicação de qualquer herbicida, para que o controle seja efetivo. Geralmente, quatro ou cinco espécies das plantas daninhas representam cerca de 90% do total, e esse levantamento deve ser feito preferencialmente todos os anos, para que seja feita a escolha correta dos herbicidas a serem aplicados.

No segundo fundamento: é de extrema importância ter em mãos o histórico da pluviometria, temperatura e umidade relativa do ar. Preferencialmente, este levantamento deve ser feito para os três meses após a aplicação dos herbicidas, para saber se o período será de normalidade ou restrição hídrica. Dessa forma, será possível escolher qual herbicida possui as características físico-químicas que se adéquem à realidade climática do local. Além disso, é importante considerar o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e da cultura principal ao escolher o herbicida adequado (KUVA, 2006).

No terceiro fundamento: é necessário identificar as moléculas que controlam as espécies identificadas com base nos resultados obtidos no primeiro fundamento. É importante fazer um levantamento das características dessas moléculas, como solubilidade ( $S_w$ ), coeficiente octanol/água ( $K_{ow}$ ), coeficiente de sorção padronizado para carbono orgânico do solo ( $K_{oc}$ ) e constante de ionização em meio ácido ( $pka$ ), para garantir a correta recomendação e aplicação.

No quarto fundamento: é feita referência à dosagem correta para aplicação, que deve ser determinada levando em consideração a textura do solo. Em solos argilosos, recomendam-se o uso de doses maiores em relação a solos arenosos (SILVA et al., 2013).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas possuem a característica de pioneirismo, pois são as primeiras a se estabelecer nas áreas. Essa característica foi desenvolvida no processo evolutivo para que pudessem sobreviver a diferentes distúrbios e estresses. Cada espécie desenvolveu estratégias que convergiram em características hostis, como elevada capacidade de produção de diásporos, onde existem plantas que produzem 100.000 sementes, como o exemplo da erva caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*). As plantas daninhas também possuem grande longevidade de disseminulos, ou seja, capacidade de permanecer durante um ano no solo sem perder a capacidade de germinação. Elas também apresentam desuniformidade no processo germinativo, ou seja, não germinam todas ao mesmo tempo. Além disso, as plantas daninhas possuem alta capacidade de absorção nutricional, conseguindo extrair do solo quantidades de nutrientes maiores do que necessitam para sobreviver (LORENZI, 2000).

As plantas daninhas também possuem mecanismos alternativos de reprodução. Algumas espécies podem se reproduzir por semente e também por partes vegetativas, como a tiririca (*Cyperus rotundus*). Várias espécies se propagam porque têm estruturas que aderem aos animais, a exemplo do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e picão-preto (*Bidens pilosa*). Elas também apresentam rápido crescimento e desenvolvimento inicial, pois quando crescem e se desenvolvem, sombreiam as demais espécies. Por fim, algumas espécies apresentam alelopatia, que é a capacidade de produzir substâncias tóxicas que prejudicam o desenvolvimento da cultura principal, a exemplo da tiririca (*Cyperus rotundus*) e capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) (AZANIA et al., 2021; CERDEIRA et al., 2012).

Com tudo isso, há o processo de competição que é o fator mais importante da interferência. No entanto, não há uma definição clara de competição, e por isso ocorrem diferentes definições entre alguns autores. De uma forma geral, Azania et al. (2021, p. 13) definem a competição como “[...] a busca simultânea, entre diferentes indivíduos de uma comunidade de plantas, por recursos como água, luz, nutrientes, espaço e gás carbônico para sobrevivência”. Portanto, para evitar esse processo de interferência, o período de convivência entre a cultura principal e as plantas daninhas deve ser o mais breve possível. E para não haver impacto na produtividade, é necessário que esse convívio não ocorra no período de até 90 dias após o plantio de 12 meses (AZANIA et al., 2021).

As plantas daninhas são hospedeiras de pragas, doenças, nematoides, bactérias e vírus. Por exemplo, as guanxumas (*Sida* spp.) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) que são vetores do mosaico dourado. O capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*) hospeda a bactéria da estria-vermelha da cana-de-açúcar. O caruru (*Amaranthus* spp.), a tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) e o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*)

hospedam várias espécies de nematoides (CARVALHO, 2013).

O impacto negativo na produtividade da cultura da cana-de-açúcar devido à infestação de plantas daninhas varia dependendo da composição da comunidade infestante. De acordo com Silva et al. (2017), em áreas com predominância de *Panicum*, a produtividade caiu 33%. Já a infestação com *B. decumbens* causou perda de 82% na produtividade, enquanto a infestação com *Cyperus rotundus* reduziu em 20%.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS E IMPORTÂNCIA DOS HERBICIDAS

Para que um produto seja de interesse comercial, o seu princípio ativo precisa ter a capacidade de combater as plantas daninhas. Assim, esta eficácia sobre as plantas daninhas não depende, apenas, das características físico-químicas do herbicida, mas também das práticas adotadas nos sistemas de produção, fatores ambientais e dos atributos do solo (CHRISTOFFOLETI et al., 2009).

Ao serem aplicados no solo, os herbicidas apresentam algumas características, tais como níveis de residual e atividades variáveis. Além disso, podem ser decompostos por microrganismos e podem precisar de incorporação para reduzir a volatilização e a fotodecomposição. Em condições de alta umidade e temperatura, ocorre favorecimento de sua decomposição (ROMAM et al., 2007). Outros fatores também são importantes na escolha dos herbicidas, como a solubilidade em água ( $S_w$ ), que é a capacidade que uma substância tem de se dissolver em outra; o coeficiente de sorção normatizado pela fração de carbono orgânico do solo ( $K_{oc}$ ), que é a força de sorção dos herbicidas para com os coloides; e o coeficiente de partição octanol/água ( $K_{ow}$ ), que manifesta a afinidade que o herbicida tem com substâncias lipídicas ou lipofílica (AZANIA et al., 2021; ROMAN et al., 2007).

Quando aplicado às folhas das plantas daninhas, os herbicidas devem penetrar/ultrapassar a cutícula, ser retido pelas folhas, atingir o local de ação (sítios alvo), geralmente uma enzima, ligar-se à enzima-alvo para inibi-la, mover-se em espaços com água ao redor da célula; entrar na célula ultrapassando a membrana celular e ser seletivos, o que significa que a molécula ativa precisa ser metabolizada ou degradada pela cultura e não pela planta daninha (ROMAM et al., 2007), para não afetar a produção da cultura principal. Essa seletividade é o que vai garantir o sucesso do controle químico (MONQUERO et al., 2011).

Existem vários tipos de herbicidas que podem ter diversas classificações. Quanto à seletividade e grupo de ação, podem ser: graminicidas, graminicidas exclusivos, latifolicidas, latifolicidas exclusivos ou de amplo espectro. Em relação à translocação, podem ser de

contato ou sistêmicos. Quanto à época, podem ser pré-emergentes ou pós-emergentes (CARVALHO, 2013).

Diante do exposto, faz-se necessário conhecer os herbicidas que foram utilizados.

## 2.6 PRODUTO BORAL<sup>®</sup> – PRINCÍPIO ATIVO: SULFENTRAZONA

Com registro no Brasil para várias culturas, incluindo a cana-de-açúcar, fumo, soja, abacaxi, citros e café, a sulfentrazone é um princípio ativo seletivo condicional com atuação sistêmica. A dosagem varia de 1,2 a 1,6 L ha<sup>-1</sup>, sendo esta última apenas para controle de Tiririca (*Cyperus rotundus*) (FMC, 2021). A sulfentrazone apresenta alta solubilidade em água (490 mg L<sup>-1</sup>) e fraca adsorção à matéria orgânica do solo ( $k_{oc} = 43$ ) (FAUSTINO et al., 2015).

De acordo com Blanco, Velini e Batista filho (2010), a sulfentrazone é um princípio ativo que tem o seu modo de ação ativado pela luz e apresenta persistência no solo proporcional à dose aplicada. É recomendado para aplicação em pré-emergência para um amplo espectro de plantas daninhas e possui formulação em suspensão concentrada (SC) e pertence ao grupo químico triazolona. Atua inibindo enzimas responsáveis pela síntese da clorofila nas plantas. A inibição da enzima PROTOX leva ao acúmulo de protoporfirinogênio IX no cloroplasto, resultando na difusão deste composto para o citosol. Com isso, há uma perda da integridade das membranas, ocasionando o extravasamento celular e consequente manchas marrons nas folhas que evoluem para necrose (CIRILO, 2020; FMC, 2021).

Segundo Brum, Franco e Scorza Junior (2013), em um trabalho realizado para avaliar a degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos do Mato Grosso do Sul, foi concluído que a sulfentrazone se degradou mais rapidamente em solos com a umidade mais elevada, em horizontes superficiais e temperatura mais altas. Já Ferreira et al. (2012) avaliaram a intoxicação de vários genótipos de cana-de-açúcar, e em uma das variedades utilizadas, a sulfentrazone foi responsável por cerca de 20% de perdas de massa seca total.

## 2.7 PRODUTO MAGNETO<sup>®</sup> – PRINCÍPIO ATIVO: AMICARBAZONA

A amicarbazona é um herbicida pré-emergente que tem como principal mecanismo de ação a inibição da fotossíntese das plantas, impedindo o transporte de elétrons e a fixação de CO<sub>2</sub> e a produção de ATP e NADPH<sub>2</sub> (ARALDI et al., 2011), elementos imprescindíveis

ao crescimento das plantas. A amicarbazona é absorvida pelo sistema radicular e pelas folhas e possui meia vida de 90 a 180 dias, dependendo da área na qual é utilizada. É recomendada para combater plantas daninhas que competem com a lavoura canavieira na absorção de água e nutrientes, com doses que variam de 1,50 a 2,80 kg ha<sup>-1</sup>, e apresenta formulação em suspensão concentrada (SC).

Possui elevada solubilidade em água (4600 mg L<sup>-1</sup>) e baixa a moderada capacidade de adsorção (Koc de 23 a 37), sendo considerada uma molécula com alta mobilidade no solo (TOLEDO et al., 2009). Deve ser aplicada em forma de pulverização com a utilização de pulverizadores convencionais ou aéreos (IHARA, 2021).

Em trabalho desenvolvido por Toledo et al. (2009), analisando a eficácia do herbicida amicarbazona aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, concluiu-se que o controle de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia* e *Merremia cissoides*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) foi efetivo em cana crua ou queimada, independentemente da dose aplicada ou posicionamento do produto no momento da aplicação.

## 2.8 PRODUTO PLATEAU® – PRINCÍPIO ATIVO: IMAZAPIQUE

O imazapique pertence ao grupo químico das imidazolinonas e possui um mecanismo de ação inibidor da síntese de aminoácidos de cadeia ramificada. Apresenta elevada solubilidade em água (2200 mg L<sup>-1</sup>) e mobilidade intermediária em diferentes tipos de solo (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

É um herbicida registrado no Brasil para aplicação nas culturas do amendoim e cana-de-açúcar, com o objetivo de controlar diversas plantas daninhas, incluindo tiririca (*Cyperus rotundus*), falsa-serralha (*Emilia sonchifolia*), guanxuma (*Sida rhombifolia*) e picão-preto (*Bidens pilosa*). É um princípio ativo seletivo condicional de atuação sistêmica, com dose recomendada que varia de 0,15 a 0,21 L ha<sup>-1</sup>. Sua formulação é em granulado dispersível (WG), pertence à classe das imidazolinonas e do grupo dos inibidores da enzima ALS. É absorvido pelas folhas e raízes, sendo translocado rapidamente através do xilema e floema para a região meristemática da planta, onde se acumula. Possui atividade residual no solo, conferindo ação herbicida sobre as sementes das plantas daninhas (BASF, 2017).

De acordo com Novo et al. (2008), em trabalho realizado para avaliar a interação do imazapique em sistema integrado palha de cana-de-açúcar, herbicida e vinhaça no crescimento inicial da tiririca, foi constatado que houve diferença estatística para altura das

plantas e na viabilidade dos tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus*). Entretanto, quando aplicado com a vinhaça, o produto não controlou a tiririca, enquanto sob a palha, a mistura com o imazapique aumentou apenas o número de brotações.

## 2.9 PRODUTO GAMIT STAR® (800) E REATOR® (360) – PRINCÍPIO ATIVO: CLOMAZONE

Entre os herbicidas registrados no Brasil para a cultura da cana-de-açúcar que apresentam mecanismo de ação dos inibidores da síntese de carotenoides, o clomazone tem se destacado no controle do capim-colonião (*Panicum maximum*), monocotiledônea considerada de difícil controle por Perez (2017). Trata-se de um herbicida que apresenta degradação mais rápida quando está em ambiente anaeróbico (solo inundado), possui elevada solubilidade em água de 1100 mg L<sup>-1</sup>, alta capacidade de adsorção a fração orgânica do solo (Koc = 300) e meia vida de 56 dias no solo. (NOLDIN et al., 2001).

O clomazone é um ingrediente ativo recomendado para aplicação em pré e pós-emergência para o produto de nome comercial Gamit Star® 800 e recomendado para aplicação em condições de pré-emergência para o produto comercial Reator® 360. Ambos possuem atuação sistêmica e são seletivos condicionais (FMC, 2022). Ao entrar em contato com as células, essa molécula impossibilita a biossíntese de compostos isoprenoídes e, posteriormente, reduz o nível de caroteno. Com a ausência do caroteno, ocorre a destruição da clorofila pela luz do sol, e em plantas que são susceptíveis, o resultado é a despigmentação (albinismo foliar) com consequente clorose, necrose e morte da planta (CIRILO, 2020).

Em trabalho executado por Perez (2017) para avaliar a seletividade do clomazone quando aplicado em pré-plantio de mudas pré-brotadas, foi concluído que a variedade analisada foi seletiva ao uso do clomazone na dosagem 1,08 L ha<sup>-1</sup> e muito prejudicada na dose de 4,32 L ha<sup>-1</sup>. Entretanto, nas doses utilizadas até 2,16 L ha<sup>-1</sup>, não houve considerável prejuízo no teor de clorofila, perfilhamento, altura e produtividade da cultura.

Outro estudo realizado por Mendes et al. (2020) analisou a lixiviação de diferentes formulações de clomazone em resíduos de cana-de-açúcar. Foi concluído que houve elevada fitotoxicidade do estande de capim-marandu (*Urochloa brizantha*) considerando as densidades de palha de 0 e 5 t ha<sup>-1</sup>. Tanto para os herbicidas clomazone na formulação convencional quanto na forma microencapsulada, a fitointoxicação foi semelhante. Na densidade de palha de 10 t ha<sup>-1</sup>, observou-se a influência negativa da palha na porcentagem de fitotoxicidade quando usado na formulação convencional, com isso, houve influência por

parte da palhada na fitotoxicidade, uma vez que o percentual foi de 90% para 85%.

Em estudo realizado por Barcellos et al. (2017), várias doses de clomazone foram testadas em diferentes cultivares de cana-de-açúcar, e foi verificado sintomas aparentes de fitotoxicidade mais elevados quando aplicados nas doses de 1,125 e 1,50 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, no decorrer do experimento, houve uma diminuição nos sintomas e não foi evidenciada nenhuma redução na produtividade.

## 2.10 PRODUTO HEXARON<sup>®</sup> – PRINCÍPIO ATIVO: DIUROM + HEXAZINONA

O herbicida diurom tem um mecanismo de ação que age no fotossistema II (PSII) e apresenta baixa solubilidade em água (42 mg L<sup>-1</sup>), além de alta capacidade de adsorção à matéria orgânica do solo (Koc = 480). Já a Hexazinona também age no fotossistema II (PSII), e em solos com maiores teores de matéria orgânica e argila, esta molécula apresenta alta solubilidade em água e é comumente encontrada na solução do solo, o que a torna passível de lixiviação (ARSEGO, 2009).

O diurom é recomendado para aplicação em condições de pré e pós-emergência, apresentando mecanismo de ação seletivo condicional e atuação sistêmica. Suas doses variam de 1,8 a 3,0 kg ha<sup>-1</sup>, possuindo amplo espectro de controle de plantas daninhas, sendo algumas delas, picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*). Quando utilizado em pré-emergência, as doses deverão ser aplicadas de acordo com o tipo de solo, teor de matéria orgânica e tipo de cultivo. Na pós-emergência, deve-se observar o estágio ideal para cada espécie de planta daninha presente na área (ADAMA, 2019).

De acordo com Galon et al. (2012), dentre os herbicidas registrados no Brasil para a cultura da cana-de-açúcar, destaca-se a mistura comercial constituída de diurom + hexazinona. Contudo, segundo Azania et al (2006), é necessário estudar mais quando se refere à aplicação em período de estiagem, uma vez que os sintomas de fitotoxicidade podem ser mais severos.

Em experimento realizado por Galon et al. (2012) para avaliar a eficiência de controle de *Brachiaria brizantha* e a seletividade dos herbicidas diurom + hexazinona + MSMA aplicados à cultura da cana-de-açúcar, foi concluído que o controle variou de 50% a 100%, obtendo maior êxito nas doses maiores. Em relação à intoxicação na cana-de-açúcar, foram observados os maiores impactos na fase de maior desenvolvimento, contudo, houve recuperação e foi obtido maior produtividade com o uso do herbicida em relação à capina

manual.

Segundo Azania et al. (2006), em um estudo realizado a fim de avaliar a seletividade de herbicidas em pós-emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época de estiagem, concluíram que a mistura comercial diurom + hexazinona apresentou maior TCH em relação aos demais tratamentos, porém, o resultado do ATR desta mistura foi inferior. Os autores também destacam que a contradição encontrada deste estudo em relação a estudos anteriores no mesmo segmento, possivelmente se deve às condições climáticas de cada experimento e/ou à maior precisão experimental do método estatístico utilizado.

## 2.11 PRODUTO FALCON<sup>®</sup> – PRINCÍPIO ATIVO: PIROXASULFONA + FLUMIOXAZINA

O produto falcon tem registro no Brasil para várias culturas, incluindo café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto, mandioca e pinus, com recomendação para controle de monocotiledôneas e eudicotiledôneas, na cultura da cana-de-açúcar, sendo algumas delas: corda-de-viola (*Ipomoea hederifolia*), corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-colonião (*Panicum maximum*), entre outras. Com dosagem que varia de 0,6 a 1,0 L ha<sup>1</sup>, é seletivo e possui atuação sistêmica (IHARA, 2021).

A flumioxazina é uma molécula com baixa solubilidade em água (1,79 mg L<sup>-1</sup>) e alta adsorção à matéria orgânica do solo (Koc = 889) (PRESOTO, 2020). A piroxasulfona também é uma molécula de baixa solubilidade em água (3,49 mg L<sup>-1</sup>) e apresenta moderada adsorção à matéria orgânica do solo (koc = 223) (PRESOTO, 2020).

Presoto (2020), em experimento realizado para avaliar a eficácia e interação da associação de piroxasulfona + flumioxazina no controle de capim-colonião (*Panicum maximum*), concluiu que a eficácia da associação destes herbicidas foi confirmada na aplicação de pré-emergência, obtendo resultados com médias acima de 90% de controle. Em outro trabalho também realizado por Presoto (2020), para avaliar a influência do período de seca na eficácia de controle com o uso de piroxasulfona + flumioxazina no cultivo de cana-de-açúcar, concluiu-se que, tanto isolados quanto em mistura formulada, sendo aplicados diretamente sobre o solo, o controle foi satisfatório, principalmente quando aplicados na dosagem recomendada no registro do produto.

Franchini et al. (2020) realizaram um estudo para avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência da cana-de-açúcar, com e sem a queima da palha. De acordo com os resultados obtidos, a flumioxazina foi a única molécula que não reduziu

significativamente a produtividade quando aplicada em pós-emergência. Por outro lado, os demais herbicidas reduziram a produtividade em pelo menos 5,78 toneladas por hectare. No entanto, quando aplicados em pré-emergência, todos os herbicidas foram considerados seletivos.

## 2.12 ATUAÇÃO DOS HERBICIDAS EM SOLOS COM VINHAÇA

A vinhaça é um coproduto derivado da destilação da fermentação do álcool de cana-de-açúcar. Ela é caracterizada como efluente de destilarias com grande poder poluente e alto valor fertilizante. O principal constituinte da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente na forma de ácidos orgânicos, e elevadas concentrações de cátions, como K, Ca e Mg. Entretanto, sua riqueza nutricional varia de acordo com a origem do mosto (SILVEIRA, 2016).

A vinhaça é amplamente utilizada para fertirrigação dos canaviais, pois além de fornecer uma parte da necessidade nutricional da cana-de-açúcar, também resolve um grande problema de poluição gerado pelo depósito de vinhaça em águas superficiais. Para se produzir 01 litro de álcool, são produzidos de 10 a 18 litros deste efluente (PIACENTE, 2005).

O solo apresenta algumas modificações quando recebe aplicação de vinhaça, como: maior capacidade de troca catiônica (CTC), aumento da capacidade de retenção de água; aumento da atividade microbiana e elevação do PH (Potencial Hidrogeniônico) (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007a; MATOS, 2014). Com essa adição de vinhaça, o solo apresenta melhoria em sua fertilidade e na qualidade da matéria orgânica, proporcionando a mobilização dos nutrientes devido à maior solubilidade gerada pelo resíduo líquido. Os efeitos se apresentam em maior evidência na camada de 20 a 40 cm de profundidade (CANELLAS et al., 2003).

Os efeitos da matéria orgânica na atuação dos herbicidas no solo ainda são muito discutidos. Prata et al. (2000) sugerem que a aplicação de vinhaça pode contribuir com uma maior persistência dos herbicidas, devido às modificações causadas nas características dos solos.

Lourencetti, Marchi e Ribeiro (2008) alertam que onde há a aplicação de vinhaça, o conteúdo de carbono orgânico, nutrientes disponíveis e a estabilidade das moléculas alteram a degradação dos herbicidas, devido à adsorção, reduzindo a mobilidade no solo. Contudo, a vinhaça proporciona maior lixiviação dos herbicidas, causada pelo aumento da quantidade de carbono orgânico dissolvido na solução do solo.

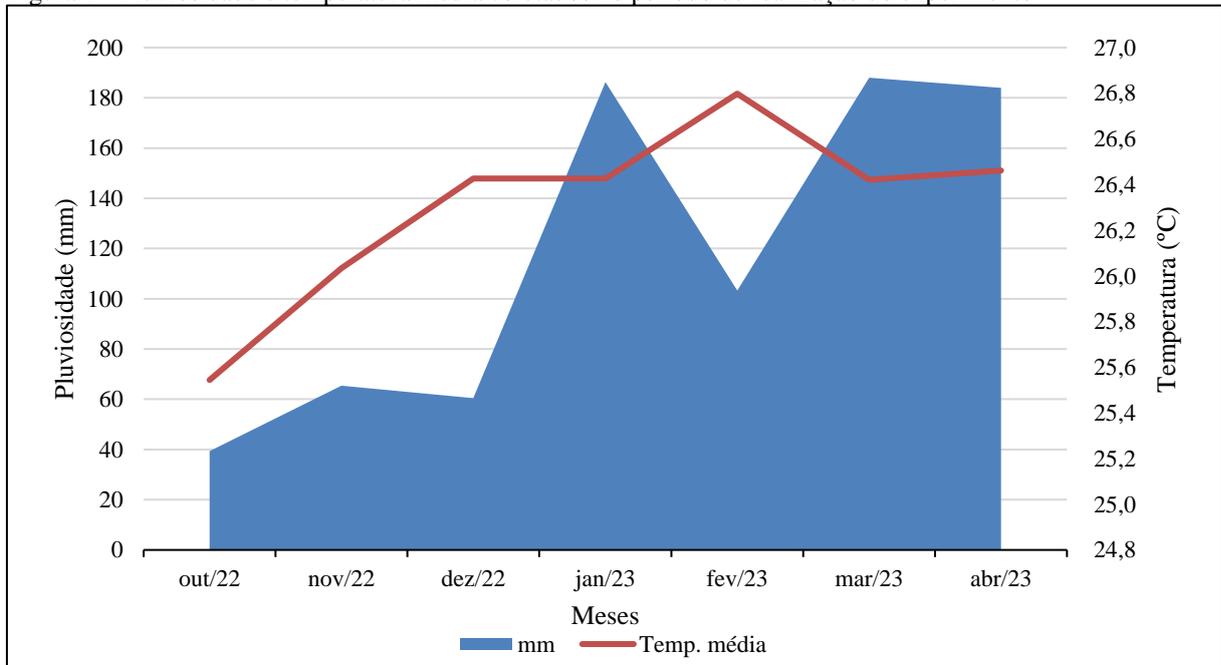
Em trabalho realizado para elucidar o efeito da vinhaça na dinâmica do herbicida diurom ( $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em dois solos, Terra Roxa Estruturada e Latossolo Vermelho-Amarelo, Prata et al. (2000), aplicando dosagens de 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , observaram que este efluente não proporcionou aumento na quantidade adsorvida do diurom nos dois solos no período de 120 dias, tempo de condução do experimento.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi conduzido de novembro de 2022 a abril de 2023 na Fazenda Serrota, localizada no município de Pedras de Fogo-PB, pertencente à Usina Giasa, uma das três usinas do Grupo Olho D'água. A fazenda está posicionada aos  $-7^{\circ}17'14''$  de latitude sul, e longitude oeste  $-34^{\circ}58'7''$ , situada na Mesorregião Zona da Mata e Microrregião Litoral Sul do Estado da Paraíba, a cerca de 40 km da capital João Pessoa-PB. O acesso é feito pela BR 101 e PB-032. O solo do local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, com argila de alta ou baixa atividade (EMBRAPA SOLOS UEP RECIFE, 2006). Conforme a classificação de Köppen, o clima de Pedras de Fogo-PB é o tipo As'-Tropical Quente e Úmido, com chuvas que ocorrem de abril a julho. A pluviometria média anual da cidade é de aproximadamente 1.600 mm e a temperatura média anual varia de 20°C a 30°C (BELTRÃO et al., 2005). Durante o período experimental foram coletados os dados climáticos da estação meteorológica da usina Giasa (figura 1).

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura média coletados no período de realização do experimento



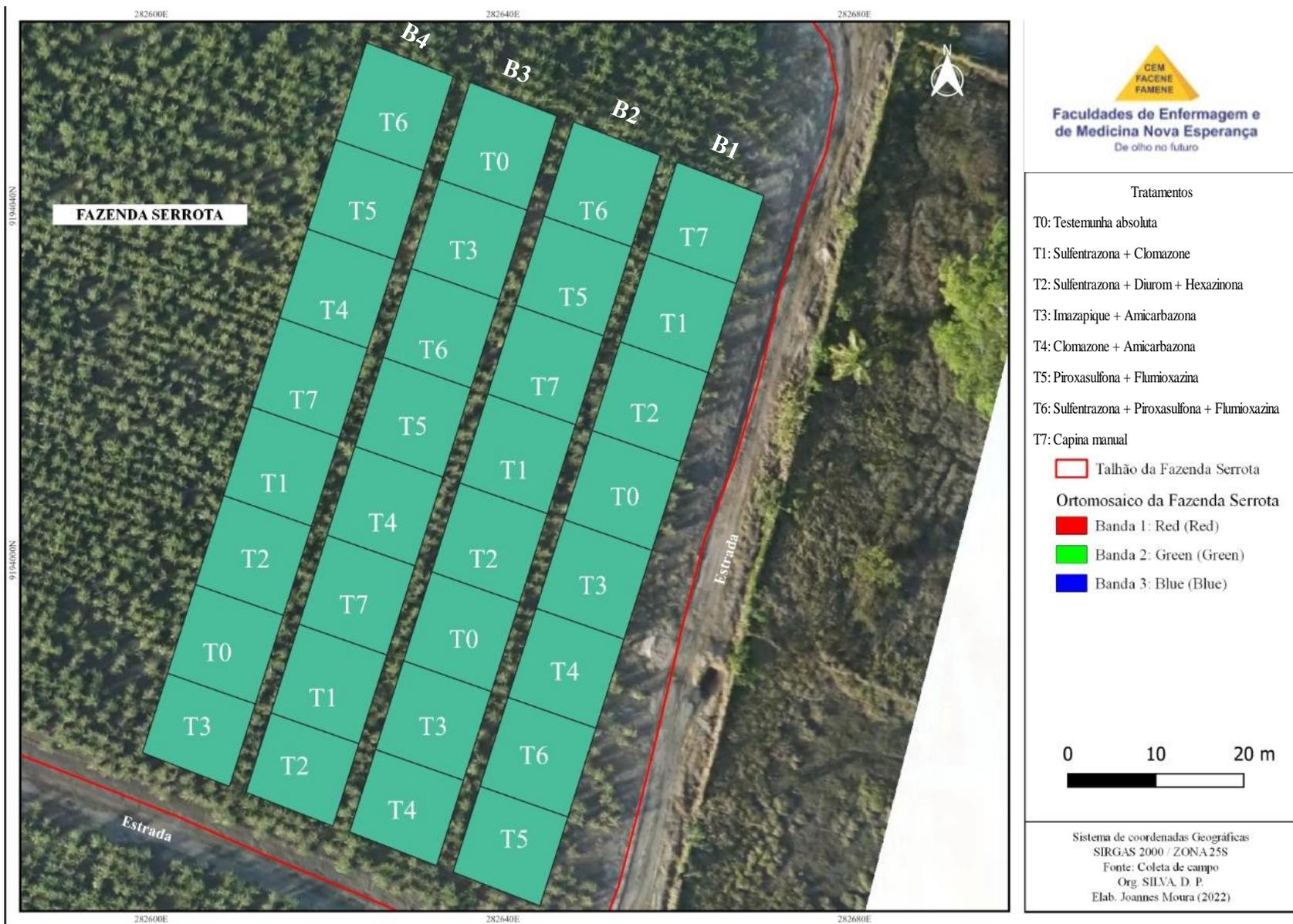
Fonte: Autoria própria.

#### 3.2 DELINEAMENTO, POPULAÇÃO E AMOSTRA

O experimento foi instalado seguindo delineamento em blocos ao acaso (DBC), com 32 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de 7 sulcos de 10 metros de comprimento, com espaçamento de 1,50 m entre sulcos, totalizando 105 m<sup>2</sup>, com área útil parcela de 37,5 m<sup>2</sup>, compreendendo as três fileiras centrais. A variedade utilizada foi a Rb92579.

Os blocos foram separados por ruas de 2 metros para não haver interferência nas unidades experimentais. A área total do experimento é de 3.360 m<sup>2</sup>, representada por quatro blocos de 84 m x 10 m, cada bloco com 08 parcelas experimentais (figura 2), os tratamentos realizados foram: T0 – Testemunha absoluta (sem aplicação de herbicidas e sem capina); T1 – Sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + Clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – Sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + (Diuron + Hexazinona (3,0 kg ha<sup>-1</sup>)); T3 – Imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + Amicarbazona (1,2 L ha<sup>-1</sup>); T4 – Clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + Amicarbazona (1,2 L ha<sup>-1</sup>); T5 – (Piroxasulfona + Flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>)); T6 – Sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + (Piroxasulfona + Flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>)); T7 – Capina manual (com auxílio de enxada) (tabela 1).

Figura 2- Croqui com as divisões dos blocos e tratamentos utilizados



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos utilizados e suas respectivas concentrações e dosagens

Tratamentos	Nome comercial	Princípio ativo	Dose (L ou kg.h <sup>-1</sup> p.c.)
T0	-	Testemunha absoluta	-
T1	Boral <sup>®</sup> + Gamit <sup>®</sup>	Sulfentrazone + Clomazone	1,5 - 1,0
T2	Boral <sup>®</sup> + Hexaron <sup>®</sup>	Sulfentrazone + (Diurom + Hexazinona)	1,5 - 1,5
T3	Plateau <sup>®</sup> + Magneto <sup>®</sup>	Imazapique + Amicarbazona	0,1 - 1,2
T4	Reator <sup>®</sup> + Magneto <sup>®</sup>	Clomazone + Amicarbazona	1,5 - 1,2
T5	Falcon <sup>®</sup>	(Piroxasulfona + Flumioxazina)	1,0
T6	Boral <sup>®</sup> + Falcon <sup>®</sup>	Sulfentrazone + (Piroxasulfona + Flumioxazina)	1,0 - 0,8
T7	-	Capina manual	-

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 PREPARO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

Em agosto de 2022 foi realizada a análise química do solo do talhão onde foi instalado o experimento (tabela 2). Baseado nesta análise foram feitas as recomendações dos insumos.

Tabela 2 – Análise química do solo antes da calagem

Prof.	pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	Na	K	Al	H+Al	S.B.	CTC	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	---mg dm <sup>-3</sup> --	-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----										
0-25	5,2	11	19	5	11	3	ns	1,1	0	20	15,4	35,5	44	0
25-50	5,5	9	7	15	12	3	ns	1,3	0	18	16,5	34,3	48	0

Fonte: Athenas consultoria agrícola e laboratório ltda, Jaboticabal, 2022.

O preparo da área experimental foi iniciado no dia 10 de outubro de 2022 com a erradicação química mecanizada da soqueira anterior utilizando um trator Valtra BM100 com barra herbiplus de 12,60 m com sistema pendular hidráulico e pontas de pulverização TTI 110 03, pressão de trabalho de 03 bar, capacidade do tanque de 900 L e vazão de 300 L ha<sup>-1</sup>. Os herbicidas utilizados em mistura foram: Roundup<sup>®</sup> 480 (glifosato 3,0 L ha<sup>-1</sup>), Dontor<sup>®</sup> (picloran + 2,4-D 1,0 L ha<sup>-1</sup>) e Nufuron<sup>®</sup> (metsulfuron-metílico 0,05 kg ha<sup>-1</sup>). Em seguida, dois dias após a dessecação, foi realizada a calagem mecanizada com um trator Valtra BH180 com a distribuidora de corretivo utilizando calcário dolomítico com dosagem de 1800 kg ha<sup>-1</sup> que foi recomendado de acordo com a análise química de solo (tabela 2), objetivando a correção da concentração hidrogeniônica.

Para descompactação do solo e incorporação dos restos culturais e do calcário

dolomítico foi utilizado um trator Valtra BH180 e o implemento arado de aiveca de 04 hastes com profundidade de trabalho de 40 cm, dois dias após a calagem. Posteriormente, um dia após a aração, foi utilizada a grade intermediária de 28 discos, sendo eles de 30 polegadas de diâmetro e espaçados entre si por 28 cm para destorroamento com profundidade de trabalho de 20 cm e grade leve de 32 discos, sendo eles de 24 polegadas de diâmetro e espaçados entre si por 20 cm para nivelamento da superfície com profundidade de trabalho de 20 cm, ambas as gradagens foram executadas com um trator Valtra BH180.

No dia 27 de outubro de 2022, após o processo de preparação do solo, foi realizado, no mesmo dia do plantio, o sulcamento mecanizado com um trator Valtra BH180 equipado com um sulcador-adubador de três hastes e utilizado o adubo na formulação 11-52-00 (Fosfato monoamônico 11% N e 52% P) na dosagem de 100 kg ha<sup>-1</sup>, os sulcos foram abertos a uma profundidade média de 30 cm e espaçados entre si por 1,50 m.

O plantio foi realizado na metodologia PBDG (plantio de baixa densidade de gemas), plantio padrão do Grupo Olho D'água, utilizando em média 06 toneladas ha<sup>-1</sup>. Realizou-se o corte manual da cana-de-açúcar (colmo-semente) e fracionado os toletes em 50 cm em média. Os toletes cortados foram colocados em sacos de ráfia com aproximadamente 18 kg e transportados para o talhão do experimento. A distribuição dos toletes de cana-de-açúcar nos sulcos do plantio foi feita de forma manual, dispondo um tolete após o outro, mantendo uma média de 12 gemas por metro. Posteriormente os sulcos foram cobertos com o auxílio de enxadas, deixando uma camada de solo de 05 cm, em média, acima dos rebolos.

A aplicação dos tratamentos em pré-emergência (tabela 1) foi realizada no dia 4 de novembro de 2022, oito dias após o plantio, utilizando um pulverizador costal – PJH em polietileno, com tanque de capacidade de vinte litros, gatilho de acionamento equipado com bico de pulverização TF-VS 02 com pressão de trabalho de 02 bar, vazão de 200 L ha<sup>-1</sup> e velocidade de trabalho de 05 km h<sup>-1</sup>, em média. Foram tomados alguns cuidados durante a aplicação dos herbicidas, entre eles: calibragem do equipamento com o teste em branco, horário da aplicação, orientação ao aplicador no momento da aplicação para direcionar e manter a mão baixa e velocidade de aplicação. No controle mecânico, as capinas foram realizadas com auxílio de enxadas e iniciaram após 15 dias de aplicação dos herbicidas, mantendo uma frequência semanal de capina.

O manejo de irrigação da fazenda onde foi implantado o experimento foi realizado com vinhaça. Um dia após o plantio, iniciou-se a irrigação por aspersão mecanizada com carretel autopropelido com vazão de trabalho de 37 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> utilizando vinhaça com aplicação de 04 lâminas de 30 mm (total de 1200 m<sup>3</sup>) durante os cinco dias subsequentes ao plantio e

antes da aplicação dos herbicidas. Dois dias após os herbicidas, foram aplicadas mais 02 lâminas de 30 mm (total de 600 m<sup>3</sup>) durante os três dias seguintes.

Houve também a irrigação com água residuária (toda a água restante dos processos industriais) durante o intervalo de 25 dias após a vinhaça com aplicação de 06 lâminas de 30 mm (total de 1800 m<sup>3</sup>), sendo executada por aspersão mecanizada com carretel autopropelido com vazão de trabalho de 37 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>.

### 3.4 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

As avaliações de fitotoxicidade e controle de plantas daninhas foram realizadas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Avaliações do índice SPAD foram realizadas aos 45 e 100 DAA. Avaliações de biometria (perfilhamento e altura) foram realizadas aos 70, 100, 135 DAA e diâmetro aos 135 DAA.

#### 3.4.1 Grau de fitotoxicidade na cana-de-açúcar

A avaliação da fitotoxicidade foi realizada de forma visual na área útil das parcelas experimentais (37,5 m<sup>2</sup>), onde foram avaliadas as injúrias causadas nas folhas das plantas, seguindo a escala da EWRC (European Weed Research Council, 1964), que classifica a fitotoxidez em escala de 01, sem dano, a 09, morte da planta (tabela 3).

Tabela 3 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação

Índice de avaliação	Descrição de fitotoxicidade
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

Fonte: (European Weed Research Council, EWRC, 1964).

### 3.4.2 Controle de plantas daninhas

Foi realizada a contagem direta de todas as plantas daninhas por espécie na área útil das parcelas experimentais. A identificação foi realizada com auxílio do manual de identificação de plantas daninhas da EMBRAPA (2010). A cada avaliação foram promovidos registros fotográficos das plantas daninhas de cada parcela.

Para obtenção da porcentagem de controle, utilizou-se a seguinte equação<sup>1</sup>:

$$PD = \frac{QPDTA * QPDT}{100}$$

onde QPDTA é a quantidade de plantas daninhas na testemunha absoluta e QPDT é a quantidade de plantas daninhas da mesma espécie no tratamento. Em seguida utilizou-se a escala da EWRC adaptada por Rolim (1989), que classifica a eficiência de controle em escala de 01, excelente, a 09, sem efeito, para a obtenção do índice de controle (tabela 4).

Tabela 4 – Escala de notas para avaliação de controle de plantas daninhas (European Weed Research Council EWRC, 1972)

Índice	%	Avaliação
1	99,1-100	Excelente (E)
2	96,6-99	Muito bom (MB)
3	92,6-96,5	Bom (B)
4	85,1-92,5	Suficiente (S)
5	75,1-85	Duvidoso (D)
6	60,1-75	Insuficiente (I)
7	40,1-60	Mau (M)
8	15,1-40	Péssimo (P)
9	0,0-15	Sem efeito (SE)

Fonte: Adaptado por Rolim (1989).

### 3.4.3 Número de plantas de cana-de-açúcar por metro linear

Foi realizada a contagem de perfilhos totais na área útil da parcela experimental (figura 1A). Para obtenção do número médio de plantas por metro, foi dividido o número total de plantas pela área útil utilizada na contagem (30 m).

### 3.4.4 Diâmetro e altura dos colmos de cana-de-açúcar

Foram marcadas e enumeradas dez plantas dentro da área útil do experimento com uma fita de napa. Foi utilizado um paquímetro com precisão de 01 mm para medir o diâmetro do colmo no terço médio (figura 2A), com exceção do T3 na avaliação de 135 DAA, onde as plantas ainda não tinham altura suficiente, então foi coletado o diâmetro da base das plantas.

Com o auxílio de uma trena graduada foi aferida a altura do colmo, do solo até o primeiro dewlap visível (inserção da folha +1, 1ª folha fotossinteticamente ativa) (figura 3A).

### **3.4.5 Índice SPAD**

O monitoramento do índice SPAD (Soil Plant Analyzer Develop), foi obtido através de um clorofilômetro portátil. Foram realizadas duas leituras no terço médio da folha +1 (uma leitura em cada lado da folha) (figura 4A) em três plantas selecionadas aleatoriamente dentre as dez plantas que foram marcadas e enumeradas, obtendo-se o número médio de cada parcela experimental.

## **3.5 ANÁLISE DOS DADOS**

Optou-se por realizar análise descritiva para a fitotoxicidade e controle de plantas daninhas. As demais variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade utilizando o software de análises estatísticas SISVAR e utilizado o Excel para elaboração dos gráficos e tabelas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir do levantamento da fitossociologia foram identificadas quatro espécies infestantes na área experimental, pertencentes a três famílias botânicas (tabela 5).

Tabela 5 – Identificação das espécies na área útil das parcelas experimentais

Família	Nome Científico	Nome popular
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Momordica charantia</i>	Melão-de-são-caetano
<i>Poaceae</i>	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Mão-de-sapo
<i>Poaceae</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma seda
<i>Poaceae</i>	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha
<i>Fabaceae</i>	<i>Mimosa pudica</i>	Malícia

Fonte: Autoria própria.

A família mais representativa no levantamento da flora daninha, em termos do número de espécies, foi a *Poaceae*, com um total de 3 espécies, seguida por *Cyperaceae*, *Curcubitaceae* e *Fabaceae*, com 1 espécie cada. É importante ressaltar que foi observada uma baixa infestação das espécies *Eleusine indica* e *Mimosa pudica*, as quais não foram encontradas na testemunha absoluta, mas foram identificadas nas parcelas com tratamento químico. Portanto, não foi possível determinar o nível de controle dessas espécies, bem como sua influência sobre as demais plantas ou mesmo sobre a cultura principal. Diante disso, foram discutidas as demais espécies presentes.

#### 4.1 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

##### 4.1.1 Controle do *Cyperus rotundus*

Foi realizada análise descritiva para o controle de tiririca e constatou-se que aos 15 dias após a aplicação (DAA), os tratamentos T4 (clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>), T5 (piroxasulfona + flumioxazina 0,8 L ha<sup>-1</sup>) e T6 (sulfentrazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + piroxasulfona + flumioxazina 0,8 L ha<sup>-1</sup>) obtiveram 0% de controle das plantas daninhas e, de acordo com a tabela 4 da EWRC equivale ao índice 9 (sem efeito), igualando-se às duas testemunhas, absoluta (T0) e capinada (T7), único período onde ainda não tinha sido realizado a capina manual no T7, respectivamente.

Já o tratamento T2 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + diurom + hexazinona 3,0 kg ha<sup>-1</sup>) obteve o melhor resultado entre todos os tratamentos, obtendo 95% de controle, (índice 3 da tabela 4 da EWRC), em seguida os tratamentos T1 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup>) e T3 (imazapique 0,1 kg ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>), obtiveram 80% (duvidoso) e 55% (mau) de controle.

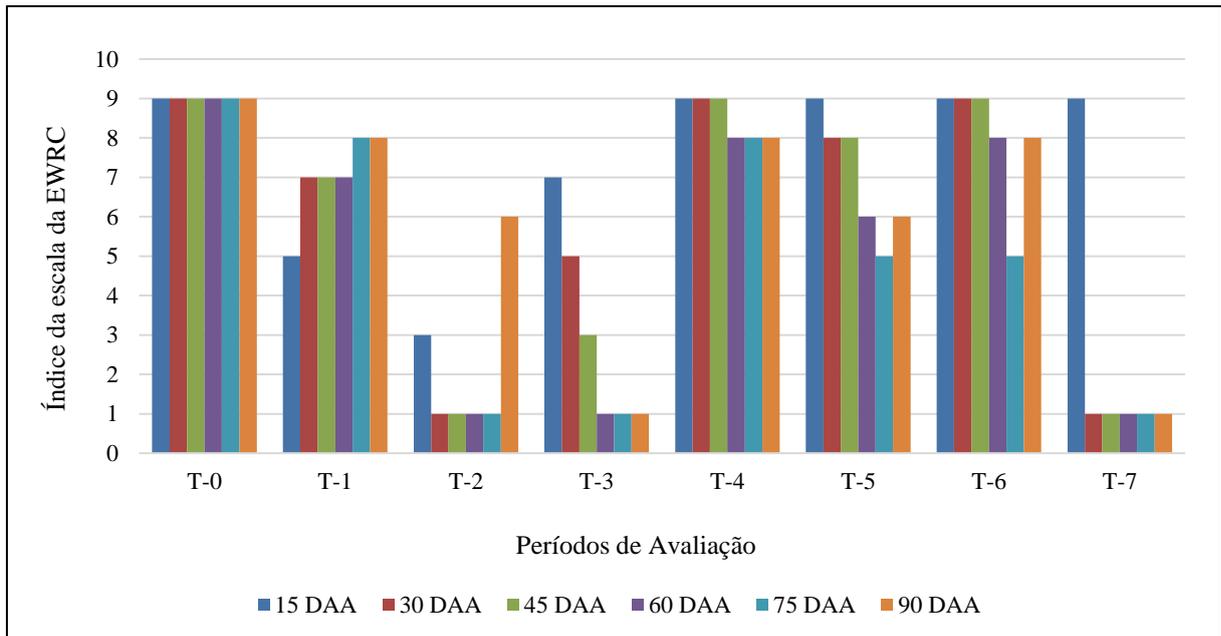
Aos 30 DAA, o T2 obteve melhor resultado entre os tratamentos contendo herbicidas, igualando-se à testemunha capinada (T7) com 100% de controle da tiririca, com isto chegou ao índice 1 (excelente) da tabela 4 da EWRC. Os tratamentos T0, T4 e T6 continuaram com 0% (sem efeito) de controle, obtendo os piores resultados desta avaliação. Houve evolução no controle da tiririca pelo T3 em relação à avaliação anterior, obtendo, nesta, 76,9% (duvidoso). Os tratamentos T1 e T5 alcançaram 48,7% (mau) e 15,4% (péssimo) de controle, respectivamente.

Aos 45 DAA, o tratamento T7 por retirar todas as plantas daninhas continuou obtendo o melhor resultado no controle, 100% (excelente), índice 01 da escala da tabela 4 da EWRC, mesma porcentagem obtida pelo T2 que continuou obtendo o melhor resultado entre os tratamentos contendo herbicida. Houve evolução na porcentagem de controle nos tratamentos T3, T1 e T5 em relação à avaliação anterior, obtendo respectivamente 96,2% (bom), 54,7% (mau) e 34% (péssimo). O pior índice de controle da tiririca continuou sendo do T0, do T4 e T6 com 0% (sem efeito).

Aos 60 DAA, o único tratamento com 0% (sem efeito) de controle foi o T0, em contrapartida, os tratamentos T2, T3 e T7 tiveram êxito em 100% (excelente) no controle. Os tratamentos T4 e T6, que na avaliação anterior não foi verificado nenhum índice de controle, nesta, portanto, resultaram, respectivamente, em 31,3% (péssimo) e 15,7% (péssimo). O T5 continuou evoluindo a porcentagem de controle e obteve 62,7% (insuficiente), por fim o T1 com 54,2% de controle (mau).

Aos 75 DAA, os tratamentos T2 e T3 continuaram se igualando ao T7 com 100% (excelente) de controle. Os tratamentos T5 e T6 apresentaram maior porcentagem de controle em relação à avaliação anterior, ambas com 76,7% (duvidoso). Por outro lado, os tratamentos T1 e T4 apresentaram acentuada queda na porcentagem de controle, respectivamente 20% (péssimo) e 16,7% (péssimo) de acordo com a tabela 4 da EWRC. O T0 por não haver controle algum continuou sem efeito, obtendo 0% de controle.

Aos 90 DAA, o único tratamento que se igualou ao T7 com 100% (excelente) de controle foi o T3. Os tratamentos T2, T5 e T6 reduziram a porcentagem de controle e, nesta avaliação, alcançaram respectivamente 75% (insuficiente), 63,9% (insuficiente) e 22,2% (péssimo). O T0 continuou sem efeito enquanto o T1 apresentou pequeno aumento na porcentagem, 33,3% (péssimo) e, por fim, o T4, que continuou com 16,7% (péssimo) de controle.

Figura 3- Evolução do controle de *Cyperus rotundus* nos seis períodos de avaliação

DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Observando a figura 3, pode-se verificar que o tratamento que utilizou a aplicação de herbicida que teve o pior desempenho no controle da tiririca foi o T4 (clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>). Até os 45 DAA foi classificado como sem efeito (índice 9 da tabela 4 da EWRC), tendo o mesmo índice atribuído à testemunha absoluta (T0), e evoluiu para o índice 8 nas três avaliações seguintes. De acordo com a mesma tabela, o índice 8 indica péssimo controle.

Embora as moléculas do T4 tenham elevada solubilidade em água e baixa a moderada adsorção aos coloides do solo, o amicarbazona atua na inibição da fotossíntese e o clomazone atua na síntese de carotenoides (NOLDIN et al., 2001; TOLEDO et al., 2009). Em conjunto com a irrigação e a precipitação, o herbicida tornou-se prontamente disponível na solução do solo, mas não foi verificado controle significativo desta espécie. É possível que, pelas condições presentes, as moléculas tenham sido transportadas para uma profundidade onde não foram absorvidas pelo sistema radicular da tiririca.

O T2 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + diurom + hexazinona 3,0 kg ha<sup>-1</sup>) foi o tratamento com herbicida que obteve os melhores resultados no controle da tiririca. A partir dos 30 DAA apresentou excelente controle (índice 1 da tabela 4 da EWRC) que se manteve até a quinta avaliação (75 DAA). Mesmo quando associado a outras moléculas em outros tratamentos,

possivelmente foi a sinergia da sulfentrazone com o diurom + hexazinona  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  que proporcionou esse nível de controle, pois a sulfentrazone tem atuação sistêmica, inibindo as enzimas que trabalham na síntese de clorofila e residual no solo proporcional à dose aplicada (FAUSTINO et al., 2015). Os demais tratamentos que continham essa molécula apresentaram um controle bastante inferior ao T2.

Resultados semelhantes aos encontrados por Durigan, Timossi e Leite (2004) ao analisar o controle químico da tiririca com e sem cobertura do solo, verificando controle de 94,3% sem palha aos 45 DAA e 89,7% aos 90 DAA utilizando sulfentrazone na dosagem de  $700 \text{ g ha}^{-1}$ .

#### **4.1.2 Controle da *Momordica charantia***

Foi verificado que aos 15 DAA, os tratamentos T1 (sulfentrazone  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + clomazone  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ ), T2 (sulfentrazone  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + diurom + hexazinona  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ), T3 (imazapique  $0,1 \text{ kg ha}^{-1}$  + amicarbazona  $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ ), T5 (piroxasulfona + flumioxazina  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ ) e T6 (sulfentrazone  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$  + piroxasulfona + flumioxazina  $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ ) proporcionaram um excelente controle de 100% do melão-de-são-caetano. Os tratamentos T0, T4 e T7 não foram eficazes, obtendo os piores resultados desta avaliação com 0% de controle, considerados sem efeito de acordo com a tabela 4 da EWRC.

Aos 30 DAA, os tratamentos T3 e T5 apresentaram redução na porcentagem de controle em relação à avaliação anterior, proporcionando nesta avaliação, 50% (mau) e 87,5% (suficiente), respectivamente. Os tratamentos T1, T2 e T6 obtiveram 100% (excelente) de controle, igualando-se ao T7. O T4 continuou com 0% de controle, assim como o T0, sendo ambos considerados sem efeito.

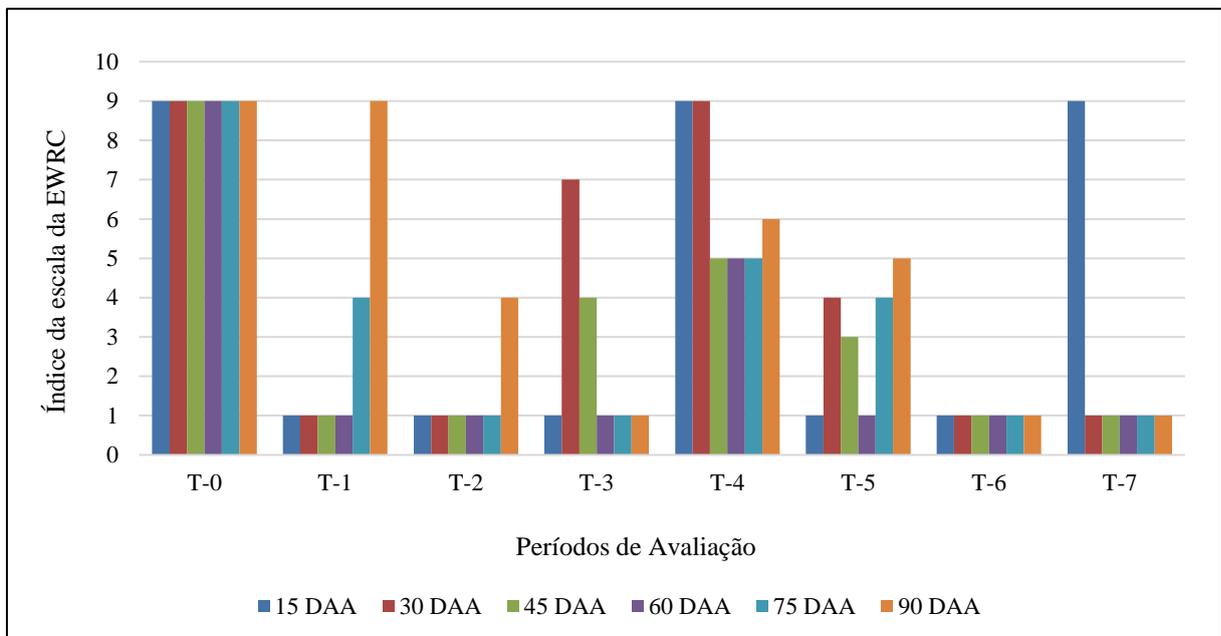
Aos 45 DAA, todos os tratamentos apresentaram índices de controle, exceto o T0 (testemunha absoluta). Os tratamentos com melhor desempenho foram: T1, T2, T6, proporcionando 100% (excelente) de controle, mantendo o mesmo índice da avaliação anterior e continuaram a se igualar ao T7 (testemunha capinada). Os tratamentos T3, T4 e T5 apresentaram, respectivamente, 87,5%, 81,3% e 93,8% de controle (suficiente, duvidoso, bom).

Aos 60 DAA, o T0 por não haver controle algum foi o único tratamento com 0% de controle, em contrapartida, os tratamentos T1, T2, T3, T5 e T6, igualaram-se ao T7 proporcionando 100% de controle, considerados excelentes. O T4 proporcionou 80% de controle, sendo classificado como duvidoso de acordo com a tabela 4 da EWRC.

Aos 75 DAA, os tratamentos T2, T3 e T6 mantiveram o controle excelente de 100%, juntamente com a testemunha capinada (T7), enquanto os tratamentos T1 e T5 apresentaram uma regressão na porcentagem de controle em relação à avaliação anterior, ambos com 90%, sendo considerados suficientes de acordo com a tabela 4 da EWRC. O T4 manteve o controle de 80% de controle.

Aos 90 DAA, os tratamentos com os melhores resultados foram T3 e T6 que proporcionaram controle de 100%, igualando-se novamente ao T7. Os tratamentos T1, T2, T4 e T6 regrediram na porcentagem de controle, obtendo, respectivamente, 0%, 92,3%, 69,2% e 76,9% (sem efeito, bom, insuficiente, duvidoso). O T0 por não haver controle algum continuou com 0% de controle, considerado sem efeito.

Figura 4- Evolução do controle de *Momordica charantia* nos seis períodos de avaliação



DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

De acordo com os dados obtidos e ilustrados na figura 4, observa-se que o tratamento com herbicida que proporcionou pior desempenho no controle de *Momordica charantia* foi o T4 (clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) que se manteve entre os índices: duvidoso a sem efeito (índices 5, 6 e 9 da tabela 4 a EWRC). É importante destacar que ambas as moléculas têm características físico-químicas semelhantes, incluindo elevada solubilidade em água e fraca a moderada adsorção à fração orgânica do solo, conforme

descrito em estudos anteriores (NOLDIN et al., 2001; TOLEDO et al., 2009). Estas características, combinadas com o ambiente irrigado com vinhaça e água residuária, podem ter permitido o rápido transporte das moléculas para a subsuperfície do solo, permitindo a germinação das sementes de *Momordica charantia* que estavam na superfície.

É possível que os resultados divergentes encontrados em relação ao estudo de Correia e Zeitoun (2010), que avaliaram o controle químico de melão-de-são-caetano em ambiente seco e úmido, sejam devido às diferentes condições ambientais dos experimentos e ao uso isolado do amicarbazona. No estudo mencionado, o amicarbazona apresentou bom desempenho quando aplicado isoladamente na época seca, com controle de 97,50% aos 15 dias após a aplicação e 96,25% aos 30 dias após a aplicação.

É importante considerar que as condições climáticas e ambientais podem influenciar significativamente a eficácia dos herbicidas, assim como a combinação de diferentes moléculas pode potencializar ou reduzir o controle de determinadas espécies de plantas daninhas. Por isso, é fundamental avaliar cuidadosamente cada situação e buscar o melhor manejo possível para cada caso específico.

O tratamento com herbicida com melhor desempenho foi o T6 (sulfentrazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + piroxasulfona + flumioxazina 0,8 L ha<sup>-1</sup>) que obteve 100% de controle em todas as avaliações, sendo considerado excelente de acordo com a tabela 4 da EWRC.

As moléculas utilizadas no T6 possuem características físico-químicas diferentes, a sulfentrazone tem alta solubilidade em água e fraca adsorção à matéria orgânica do solo, enquanto a piroxasulfona e a flumioxazina têm baixa solubilidade em água e moderada adsorção à matéria orgânica, mas ambas têm atuação sistêmica (PRESOTO, 2020).

Considerando que o ambiente experimental estava favorável à germinação do melão-de-são-caetano (conforme observado na testemunha absoluta, T0), o fato de o T6 ter controlado completamente a planta daninha sugere que a atuação sinérgica dessas moléculas na dosagem aplicada, associada ao ambiente irrigado, foi responsável pelo excelente resultado obtido. Portanto, recomenda-se a utilização dessa combinação de herbicidas nas condições deste experimento para controle do melão-de-são-caetano.

#### **4.1.3 Controle da *Dactyloctenium aegyptium***

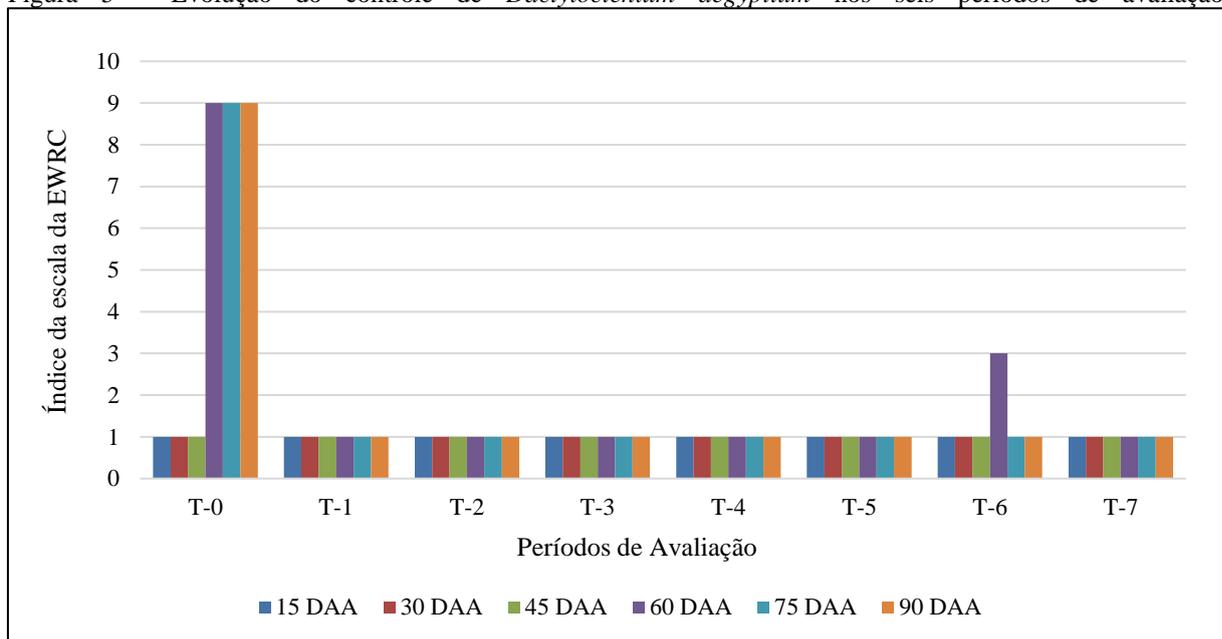
Para o controle da planta daninha mão-de-sapo, foi verificado que até os 45 DAA, todos os tratamentos proporcionaram controle de 100%, inclusive o T0.

Aos 60 DAA, todos os tratamentos com herbicida foram eficazes no controle da

mão-de-sapo, alcançando 100% de controle (excelente), igualando-se à testemunha capinada (T7), exceto o T6 (sulfentrazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + (piroxasulfona + flumioxazina 0,8 L ha<sup>-1</sup>)) que obteve 94,1% (bom). O T0, por não ter controle algum, obteve 0%, sendo considerado sem efeito de acordo com a tabela 4 da EWRC.

Nas duas últimas avaliações, 75 DAA e 90 DAA, todos os tratamentos tiveram êxito em 100% no controle da mão-de-sapo, com exceção da testemunha absoluta (T0) que continuou com 0%.

Figura 5 - Evolução do controle de *Dactyloctenium aegyptium* nos seis períodos de avaliação



DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Ao observar a figura 5, verifica-se que todos os tratamentos utilizando herbicidas proporcionaram controle que variou de 94,1% a 100% (bom e excelente), portanto foram eficazes no controle desta planta daninha e, em determinados períodos, igualaram-se à testemunha absoluta (T7), sendo, portanto, indicados para controle de *Dactyloctenium aegyptium* se aplicados nas condições deste experimento.

No entanto, a partir dos 60 DAA, a testemunha absoluta não foi eficaz no controle da mão-de-sapo, permitindo sua emergência e crescimento, o que indica que a não realização de controle químico ou mecânico não é recomendada.

#### 4.1.4 Controle de *Cynodon dactylon*

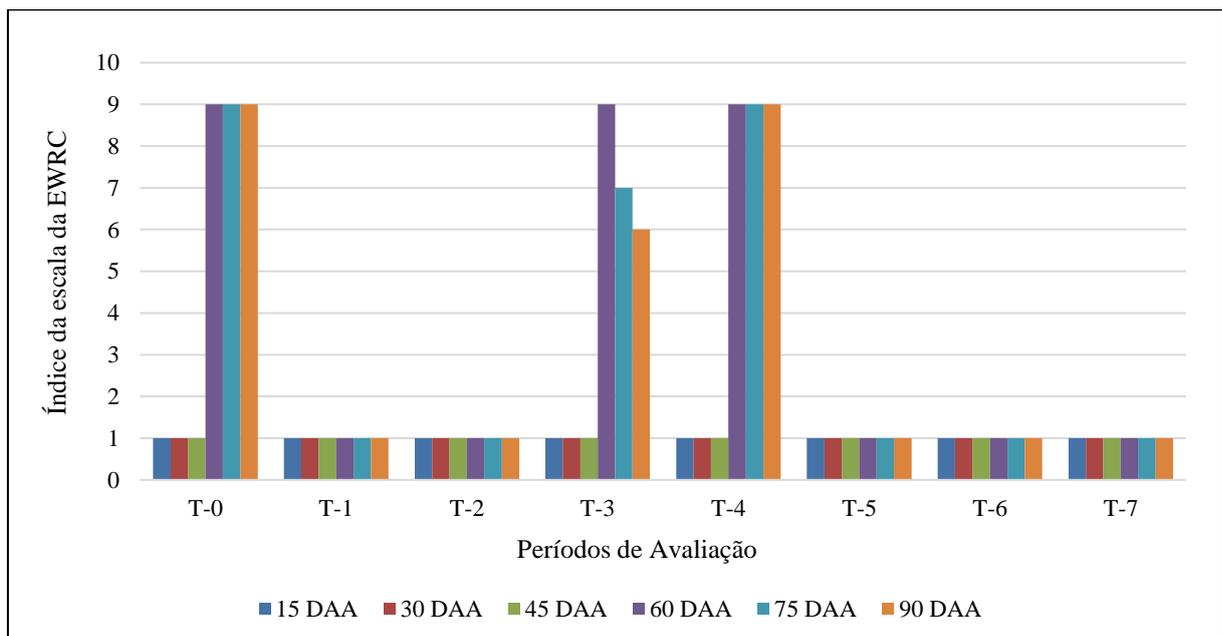
Foi verificado que até a terceira avaliação, 45 DAA, não houve incidência da grama-seda, logo todos os tratamentos proporcionaram um controle de 100%.

Na avaliação realizada aos 60 DAA, os tratamentos T0 (testemunha absoluta), T3 (imazapique 0,1 kg ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) e T4 (clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) obtiveram os piores resultados, com 0% de controle da grama-seda. Esses resultados foram considerados sem efeito de acordo com a tabela 4 da EWRC. Em contrapartida, os demais tratamentos apresentaram 100% de controle (excelente) nesta avaliação.

Aos 75 DAA, o T4 continuou sem efeito, obtendo o pior índice entre os tratamentos contendo herbicida com 0% de controle. Já o T3, nesta avaliação, proporcionou controle de 50% (mau). Os demais tratamentos continuaram sendo efetivos e tiveram sucesso em 100% de controle, o que os igualou à testemunha capinada (T7), sendo classificados como excelentes de acordo com a tabela 4 da EWRC.

Aos 90 DAA, foi verificado que o T4 continuou sem efeito (0% de controle). Por outro lado, o T3 continuou apresentando melhora no controle da grama-seda e alcançou 66,7% de eficácia (insuficiente). Já os demais tratamentos alcançaram sucesso em 100% no controle da planta daninha, o mesmo resultado obtido pelo T7.

Figura 6 – Evolução do controle de *Cynodon dactylon* nas seis avaliações



DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) +

amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Pode-se destacar como o tratamento menos eficiente no controle de *C. dactylon*, o T4 (clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) que até os 45 DAA igualava-se à testemunha capinada. No entanto, a partir dos 60 DAA houve uma queda acentuada na porcentagem de controle, indo de 100%, aos 45 DAA, a 0%, aos 60 DAA em comparação com a testemunha absoluta. Durante esses primeiros 45 DAA, houve o maior volume de irrigação, e de acordo com Noldin et al. (2001), o clomazone possui elevada solubilidade em água e meia vida de 56 dias, com isto pode ter ocorrido o transporte dessas moléculas para a subsuperfície. Como consequência, houve a incidência desta planta daninha a partir dos 60 DAA.

Os Resultados deste estudo foram semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2019), que avaliaram o controle de plantas daninhas em mudas pré-brotadas (MPB) utilizando diversas misturas de herbicidas. Aos 15 DAA, 30 DAA e 45 DAA o clomazone na dosagem de 1,4 L ha<sup>-1</sup> proporcionou controle de 60%, 100% e 100%, respectivamente, da grama-seda.

Entre os tratamentos com a utilização de herbicidas com destaque positivo, com controle de 100%, estão: T1, T2, T5 e T6, isto pode ter ocorrido em razão das características específicas deste experimento, embora seja importante notar que os produtos comerciais utilizados neste experimento não são recomendados pelos fabricantes para o controle desta planta daninha. Portanto, sugere-se a realização de estudos mais aprofundados.

## 4.2 FITOTOXICIDADE

Foi realizada análise descritiva para o grau de fitotoxicidade e constatou-se que aos 15 dias após a aplicação (DAA), o T2 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + diurom 1,5 L ha<sup>-1</sup> + hexazinona 3,0 kg ha<sup>-1</sup>) e T4 (clomazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) apresentaram maior grau de injúrias nas folhas, atingindo, neste período, o índice 2 da tabela da EWRC, com pequenas alterações (clorose) nas folhas das plantas. Por outro lado, os demais tratamentos que continham herbicidas não apresentaram diferenças em relação às duas testemunhas, não causando fitotoxicidade aparente.

Aos 30 DAA, todos os tratamentos contendo herbicidas causaram algum grau de fitotoxicidade nas plantas, com exceção do T5, (piroxasulfona + flumioxazina 1,0 L ha<sup>-1</sup>) e T6

(sulfentrazone 1,0 L ha<sup>-1</sup> + piroxasulfona + flumioxazina 0,8 L ha<sup>-1</sup>), que se igualaram às testemunhas, não causando fitotoxicidade aparente. Os tratamentos T1 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + clomazone 1,0 L ha<sup>-1</sup>) e T2 (sulfentrazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + diurom + hexazinona 3,0 kg ha<sup>-1</sup>) causaram fitotoxicidade em algumas plantas, chegando ao índice 2 da tabela da EWRC.

Quanto ao T4 (clomazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) houve um aumento no grau de fitotoxicidade em relação à avaliação anterior, ocasionando forte despigmentação nas folhas, sendo atribuído o índice 4 da mesma tabela. Para o T3 (imazapique 0,1 kg ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>), foi observado a injúria mais grave, causando redução no porte das plantas, e chegando ao índice 6 da tabela 3 da EWRC.

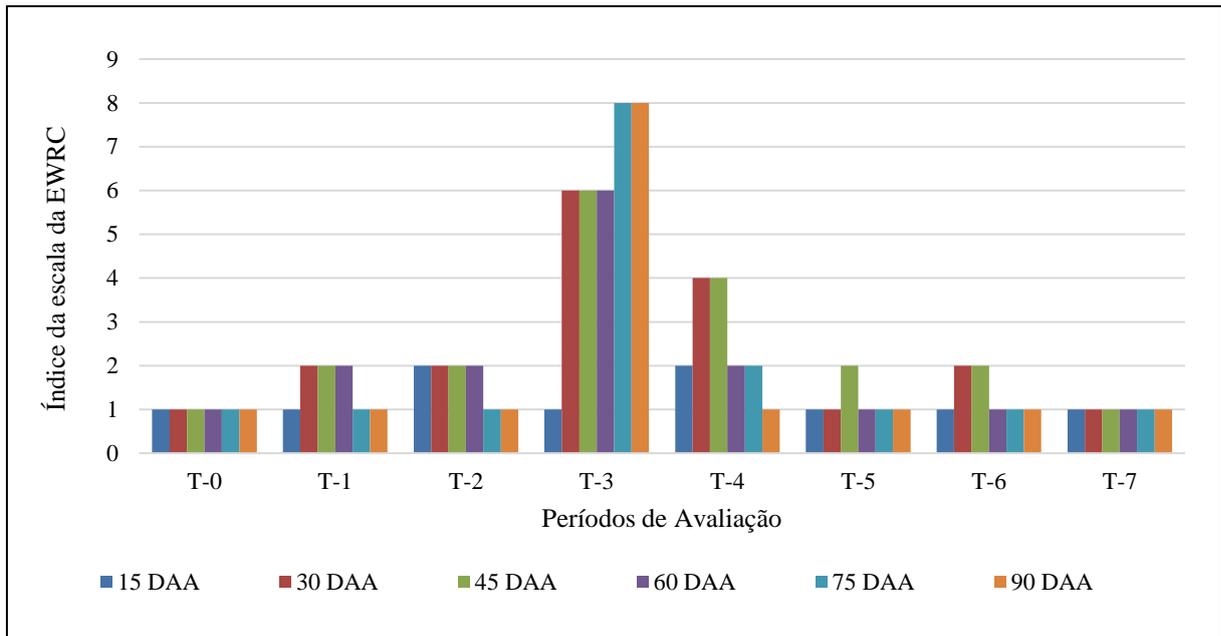
Aos 45 DAA, foi observada fitotoxicidade em todos os tratamentos contendo herbicidas. O maior impacto continuou sendo causado pelo T3, causando redução no porte das plantas, e de acordo com a tabela 3, atribuiu-se o índice 6. No T4, a fitotoxicidade continuou ocasionando forte descoloração nas folhas, portanto, continuou-se atribuindo o índice 4 da tabela 3. Aos demais tratamentos foi atribuído o índice 2 da mesma tabela.

Na quarta avaliação, 60 DAA, o T5 e T6 não apresentavam mais sintomas de fitotoxicidade nas folhas das plantas. Devido à evidente redução no porte das plantas, continuou-se atribuindo o índice 6 da tabela da EWRC ao T3. Foi observada uma melhora nos sintomas aparentes de intoxicação nas plantas para o T4, e nesta avaliação recebeu o índice 2, mesmo índice atribuído aos tratamentos T1 e T2 que estavam causando fitotoxicidade em algumas plantas.

Na quinta avaliação, realizada aos 75 DAA, observou-se que o crescimento e perfilhamento das plantas foram muito afetados e não se desenvolveram, em comparação com o porte das plantas dos demais tratamentos, por isso foi atribuído o índice 8 da tabela 4 para o T3. Em contrapartida, não foram observados mais sintomas de fitotoxicidade para os tratamentos T1, T2, T5 e T6, apenas algumas plantas com leve descoloração no T4, com isto foi atribuído o índice 2 da tabela 4 da EWRC.

Aos 90 DAA não foi mais observado sintomas aparentes de fitotoxicidade nas plantas nos tratamentos com herbicidas, com exceção do T3 que continuou afetando o desenvolvimento e perfilhamento das plantas, causando danos extremamente graves, com isso foi atribuído o índice 8 da tabela da tabela 4.

Figura 7- Evolução da fitotoxicidade nos tratamentos nos seis períodos de avaliação



DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Após a aplicação de herbicidas é comum observar sintomas aparentes de fitotoxicidade na cultura; no entanto, esses sintomas tendem a diminuir com o tempo (PEREGO, 2018). Isso foi observado em todos os tratamentos com herbicidas, exceto o T3 (imazapique 0,1 kg ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) (figura 5A), onde ao longo de cinco avaliações, até 90 DAA (figura 7), os impactos se agravaram, causando redução do tamanho das plantas e limitação do perfilhamento. Esses resultados provavelmente foram influenciados pela sinergia das duas moléculas no ambiente de vinhaça (300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) adicionada antes e após a aplicação dos herbicidas, e pelas características físico-químicas das moléculas deste tratamento, onde, segundo Toledo et al. (2009), a amicarbazona possui elevada solubilidade em água, baixa a moderada capacidade de adsorção e tem como principal mecanismo de ação a inibição da fotossíntese paralisando a fixação de CO<sub>2</sub>.

De acordo com Rodrigues e Almeida (2011), o imazapique também apresenta elevada solubilidade em água, o que pode ter feito a molécula ficar disponível e ser absorvida durante um longo período. O imazapique pode ser absorvido tanto via radicular como foliar e apresenta uma translocação rápida pelo xilema e floema para as regiões meristemáticas da planta, com isso ocorreu o agravamento da fitointoxicação e consequente redução do porte da cana-de-açúcar. Além disso, o solo recebeu irrigação por um longo período, o que pode ter

agravado os efeitos observados a partir dos 30 DAA e ao longo do tempo. Portanto, não são recomendados como alternativa para aplicação em cana-planta nas condições do experimento.

Os sintomas de fitotoxicidade, mais especificamente despigmentação das folhas, causados pelo T4 (clomazone  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + amicarbazona  $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ ), estavam muito evidentes aos 30 DAA (figura 6A) e 45 DAA (figura 7A), período em que houve maior volume de irrigação com vinhaça e água residuária. Tendo em vista que o clomazone tem elevada solubilidade, meia-vida de 56 dias e alta capacidade de adsorção (NOLDIN et al., 2001), e de acordo com Matos (2014), o teor de matéria orgânica no solo é o principal fator que determina a sorção, então, possivelmente esses fatores causaram esta fitotoxicidade aparente nas folhas das plantas.

São resultados semelhantes aos encontrados por Barcellos et al. (2017), que observaram elevados sintomas de fitotoxicidade na mesma dosagem deste tratamento ( $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ ), mas ao passar do tempo as plantas se recuperaram e não houve impacto na produtividade.

Os tratamentos T1 (sulfentrazona  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + clomazone  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ ), T2 (sulfentrazona  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + diurom + hexazinona  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e T6 (sulfentrazona  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$  + piroxasulfona + flumioxazina  $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ ), assemelharam-se no grau de injúrias causadas, alcançando o índice 2 da tabela da EWRC, e foram mais evidentes aos 45 DAA (figura 7).

Os sintomas acentuados de despigmentação causados pelo clomazone no T4 (clomazone  $1,5 \text{ L ha}^{-1}$  + amicarbazona  $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ ) não foram observados no T1, onde também foi utilizado o clomazone, o que pode estar associado à concentração e dosagem diferentes, bem como à atuação conjunta com outra molécula. Esses dois tratamentos compartilharam uma molécula em comum, o clomazone, e no T4 foi observado injúria mais grave. Isso pode indicar que as condições ambientais deste tratamento estavam favoráveis aos dois tratamentos e os resultados diferentes podem estar associados à aplicação junto a moléculas diferentes.

O tratamento que mais se assemelhou às testemunhas foi o T5 (piroxasulfona + flumioxazina  $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ ), que causou apenas pequenas alterações aos 45 DAA (figura 7), sem observação de injúrias nos demais períodos de avaliação. Esses resultados possivelmente foram influenciados pelas características físico-químicas das duas moléculas em ambiente irrigado, uma vez que possuem baixa solubilidade em água e moderada a alta adsorção à matéria orgânica. Com a adição da vinhaça e água residuária ao solo, as moléculas, possivelmente, foram se solubilizando lentamente e se aderindo aos colóides do solo, sendo absorvidas gradualmente pelas raízes da cana-de-açúcar e metabolizadas, resultando na seletividade encontrada.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Franchini et al. (2020), que ao avaliarem a seletividade das moléculas piroxasulfona + flumioxazina em aplicação em pré-emergência, não verificaram fitotoxicidade significativa. Portanto, são indicadas como alternativa para aplicação em cana-planta nas condições do experimento.

### 4.3 ÍNDICE SPAD

Foi realizada a análise de variância na qual se verificou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para a avaliação realizada aos 45 DAA, e ao nível de 5% para a avaliação realizada aos 100 DAA (tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância referente ao índice SPAD considerando duas épocas de avaliação

FV	Índice SPAD		
	GL	QM - 45 DAA	QM - 100 DAA
TRATAMENTO	7	143,38**	19,45*
BLOCO	3	12,83	7,86
erro	21	30,75	7,09
Total Corrigido	31		
CV%		19,26	7,21

\*\* significativo a 1%; \* significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. DAA: dias após aplicação. Fonte: Autoria própria.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade indicou a formação de dois grupos distintos na avaliação de 45 DAA. O primeiro grupo foi composto pelos tratamentos T0, T1, T2, T5, T6 e T7, que apresentaram resultados estatisticamente superiores ao segundo grupo que são representados pelos tratamentos T3 e T4, os quais foram estatisticamente iguais.

Na avaliação realizada aos 100 DAA, não houve diferenças significativas entre os tratamentos (tabela 7).

Tabela 7 – Resultados do índice SPAD dos tratamentos aos 45 e 100 DAA realizado no terço da folha +1 em três plantas por parcela experimental

Tratamentos	Índice SPAD	
	45 DAA	100 DAA
T0	35,37a	36,9a
T1	31,65a	35,07a
T2	29,12a	40,87a
T3	24,3b	33,62a
T4	16,32b	37,15a
T5	32,9a	38,72a
T6	31,35a	36,07a
T7	29,32a	37,27a
Média geral	28,79	36,96

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Observa-se que aos 45 DAA houve significância entre os tratamentos, onde o T4 (clomazone 1,5 L ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) e o T3 (imazapique 0,1 kg ha<sup>-1</sup> + amicarbazona 1,2 L ha<sup>-1</sup>) apresentaram o pior índice SPAD. Esse resultado apresentado pelo T4 pode ser relacionado à alta fitotoxicidade ocorrida nesse período, como mostrado na figura 7, figura 6A e figura 7A, causado pelo clomazone, molécula que possui elevada solubilidade em água e, com o ambiente favorável, agiu diminuindo a refletância da coloração verde das folhas, que indiretamente representa a presença de clorofila, o que resultou em despigmentação (albinismo foliar) (CIRILO, 2020).

Já aos 100 DAA, não houve diferença estatística entre os tratamentos, o que está de acordo com os resultados das avaliações de fitotoxicidade, pois, como é possível observar na figura 7, nesse período as plantas já haviam se recuperado das injúrias causadas.

Os resultados coletados aos 45 DAA são divergentes dos encontrados por Cirilo, (2020), onde se verificou a seletividade de herbicidas em programas de manejo em cana-planta com tratamentos com aplicações de clomazone (1188 g ha<sup>-1</sup>) antes e após o plantio, e tratamentos com apenas uma aplicação após o plantio. Os valores de índice SPAD dos tratamentos contendo clomazone com aplicação sequencial e apenas uma aplicação foram estatisticamente iguais a testemunha. A diferença entre os resultados dos estudos pode estar associada às diferenças de ambiente de manejo, que no trabalho de Cirilo (2020) foi realizado em ambiente controlado e por não ter sido irrigado com vinhaça.

#### 4.4 PERFILHAMENTO E ALTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Foi realizada análise de variância onde se verificou que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para as avaliações realizadas aos 70 DAA, 100 DAA e 135 DAA (tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – Resumo da análise de variância referente ao perfilhamento considerando três épocas de avaliação

FV	GL	PERFILHAMENTO		
		QM - 70 DAA	QM - 100 DAA	QM - 135 DAA
TRATAMENTO	7	106,49**	187,41**	130,12**
BLOCO	3	29,28	20,20	10,87
erro	21	8,16	8,25	7,01
Total Corrigido	31			
CV%		17,96	14,06	12,21

\* significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. DAA: dias após aplicação. Fonte: Autoria própria.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade indicou a formação de quatro grupos distintos na avaliação de 45 DAA para o perfilhamento. O primeiro grupo foi composto pelos tratamentos T1, T5 e T7, que apresentaram resultados estatisticamente superiores aos demais grupos. O segundo grupo foi representado pelos tratamentos T2, T4 e T6. O terceiro grupo foi representado pelo tratamento T0 e o quarto grupo foi representado pelo T3.

Aos 100 DAA, o teste de Scott-Knott indicou a formação de quatro grupos para o perfilhamento. O primeiro grupo foi composto pelos tratamentos T1, T2, T5 e T7. O segundo grupo foi formado pelos tratamentos T4 e T6. O terceiro grupo composto pelo T0 e, por fim, o quarto grupo composto apenas pelo T3.

Aos 135 DAA, o teste indicou a formação três grupos para o perfilhamento. O primeiro grupo foi representado pelos tratamentos T1, T2, T5, T6 e T7. O segundo grupo composto por T0 e T4. O terceiro grupo foi representado apenas pelo T3.

Tabela 9 – Resumo da análise de variância referente à altura (cm) das plantas considerando três épocas de avaliação

FV	ALTURA (cm)			
	GL	QM - 70 DAA	QM - 100 DAA	QM - 135 DAA
TRATAMENTO	7	89,98**	565,26**	1167,1**
BLOCO	3	51,70	104,20	76,86
erro	21	5,99	37,97	43,69
Total Corrigido	31			
CV%		12,05	14,27	9,24

\*\* significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. DAA: dias após aplicação. Fonte: Autoria própria.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade indicou a formação de três grupos distintos, o primeiro foi formado pelos tratamentos T1 e T7, que foi estatisticamente superior aos demais grupos. O segundo grupo foi representado por T0, T2, T4, T5 e T6, e o terceiro grupo composto apenas pelo T3.

Aos 100 DAA o teste de Scott-Knott indicou a formação de dois grupos, o primeiro representado pelos tratamentos T0, T1, T2, T4, T5, T6 e T7, que foi estatisticamente superior ao segundo grupo que foi composto apenas pelo T3.

Aos 135 DAA o teste indicou a formação de três grupos. O primeiro foi composto apenas pelo tratamento T7. O segundo grupo representado pelos tratamentos T0, T1, T2, T4, T5 e T6. Por fim, o terceiro grupo composto pelo T3.

Tabela 10 – Médias do perfilhamento por metro e altura (cm) das plantas de cana-de-açúcar dos tratamentos aos 70, 100 e 135 DAA

Tratamentos	Perfilhamento			Altura das plantas (cm)		
	70 DAA	100 DAA	135 DAA	70 DAA	100 DAA	135 DAA
T0	12,5c	15,25c	18,25b	20,5b	49,5a	73b
T1	20,75a	27,5a	27,5a	25,5a	48,7a	80b
T2	17,75b	23,5a	23,5a	20b	48,5a	77,2b
T3	5,25d	6,25d	9,25c	10,5c	15,7b	32,2c
T4	15,5b	19,5b	21,5b	21,5b	39a	69b
T5	19,5a	24,75a	24,75a	21,5b	45,7a	75,7b
T6	15,5b	22b	24a	18,5b	44,5a	74,5b
T7	20,5a	24,75a	24,75a	24,5a	53,7a	90,5a
Média geral	15,9	20,43	21,68	20,31	43,18	71,53

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L

ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autoria própria.

Observa-se na tabela 10 que o T3 obteve a pior média entre todos os tratamentos nos três períodos avaliados, sendo inferior inclusive à testemunha absoluta, na qual não houve controle algum das plantas daninhas. Isso pode ser relacionado ao alto índice de fitotoxicidade não aparente causado pelo imazapique + amicarbazona, como demonstrado na figura 7, o que afetou tanto o porte quanto o perfilhamento da cana-de-açúcar, e não ao índice de incidência de plantas daninhas, já que o T3 obteve um dos melhores controles das plantas identificadas.

Resultados semelhantes aos encontrados por Bertolino e Alves (2014) em estudo em cana-planta, onde verificaram que o imazapique foi o herbicida que mais afetou a altura e o perfilhamento da cana-de-açúcar. Os autores não recomendam esta molécula para aplicação em cana-planta.

As melhores médias foram apresentadas pelos tratamentos do primeiro grupo que se apresentam pela letra “a” (tabela 10). De acordo com Manhães et al. (2015), a população máxima de perfilhos é alcançada aos 120 dias, logo, o perfilhamento dos tratamentos do primeiro grupo tende a permanecer com mais indivíduos, já que a terceira avaliação foi realizada após os 120 dias.

De acordo com Silva et al. (2017), o impacto negativo na cultura da cana-de-açúcar devido à infestação de plantas daninhas varia dependendo do nível da comunidade infestante. Essa infestação causa a competição, que, de acordo com Azania et al. (2021), é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Então, com os resultados apresentados na tabela 10, é possível afirmar que o índice de infestação das plantas daninhas, tiririca, melão-de-são-caetano, mão-de-sapo e grama seda, não foi suficiente para prejudicar o perfilhamento dos tratamentos com herbicida que estão no primeiro grupo, que foram, inclusive, estatisticamente iguais à testemunha capinada, tratamento que, a partir dos 15 DAA, ficou livre de competição com as plantas daninhas.

É possível observar também que houve impacto no desenvolvimento da cana-de-açúcar no T4, causado pela alta fitotoxicidade do clomazone. Este tratamento na avaliação de 135 DAA, apresentou 3 plantas a menos por metro e plantas com quase 30 cm menores que a testemunha capinada.

#### 4.5 DIÂMETRO DO COLMO

Foi realizada análise de variância onde se verificou que houve diferença significativa

ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para a avaliação realizada aos 135 DAA (tabela 11).

Tabela 11 – Resumo da análise de variância do diâmetro (cm) das plantas de cana-de-açúcar dos tratamentos aos 135 DAA

FV	Diâmetro	
	GL	QM - 135 DAA
TRATAMENTO	7	0,59**
BLOCO	3	0,028
erro	21	0,027
Total Corrigido	31	
CV%		6,19

\*\* significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F. DAA: dias após aplicação. Fonte: Autoria própria.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade indicou a formação de dois grupos distintos na avaliação de 135 DAA para o diâmetro. O primeiro grupo foi representado pelos tratamentos T0, T1, T2, T4, T5, T6 e T7, que apresentaram resultados estatisticamente superiores ao segundo grupo que foi composto apenas pelo T3.

Faz-se necessário ressaltar que não foi possível coletar o diâmetro no terço médio do T3 devido às plantas deste tratamento não possuírem altura suficiente para tal medição. Os dados coletados foram da base das plantas. Possivelmente em razão disso, esse tratamento tenha diferido dos demais, tendo diâmetro quase duas vezes menor que a testemunha capinada.

Tabela 12 – Resultados do diâmetro (cm) das plantas dos tratamentos aos 135 DAA

Tratamentos	Diâmetro
	135 DAA
T0	2,65a
T1	2,87a
T2	2,9a
T3	1,75b
T4	2,67a
T5	2,72a
T6	2,82a
T7	2,95a
Média geral	2,66

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. DAA: dias após aplicação; T0 – testemunha absoluta; T1 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + clomazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T2 – sulfentrazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + diurom + hexazinona (1,5 kg ha<sup>-1</sup>); T3 – imazapique (0,1 kg ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T4 – clomazone (1,5 L ha<sup>-1</sup>) + amicarbazona (1,2 kg ha<sup>-1</sup>); T5 – piroxasulfona + flumioxazina (1,0 L ha<sup>-1</sup>); T6 – sulfentrazone (1,0 L ha<sup>-1</sup>) + piroxasulfona + flumioxazina (0,8 L

ha<sup>-1</sup>); T7 – testemunha capinada. Fonte: Autorial própria.

O T3, por sua particularidade, foi inferior aos demais tratamentos, o que indica que a fitotoxicidade não aparente causada pelo imazapique + amicarbazona afetou também o diâmetro.

O T4 fez parte do primeiro grupo, sendo estatisticamente igual à testemunha capinada, o que indica que o índice de fitotoxicidade e a competição com as plantas daninhas não afetou o diâmetro dos colmos.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados do experimento mostram que diferentes tratamentos herbicidas têm efeitos distintos no controle de plantas daninhas e na fitotoxicidade, o que conseqüentemente afeta o desenvolvimento biométrico da cana-de-açúcar. Enquanto os tratamentos T2 (sulfentrazone + diurom + hexazinona) e T5 (piroxassulfona + flumioxazina) obtiveram um bom controle de plantas daninhas, sendo que o último apresentou uma menor fitotoxicidade, os tratamentos T3 (imazapique + amicarbazona) e T4 (clomazone + amicarbazona) apresentaram uma fitotoxicidade elevada, prejudicando o desenvolvimento da cultura, não sendo recomendados para aplicação nas condições experimentais deste estudo. Portanto, é fundamental escolher as moléculas e aplicá-las na época correta, levando em consideração as condições ambientais do local, para garantir um controle efetivo das plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

- ARALDI, R. et al. Avaliação da intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar e *I. grandifolia* ao amicarbazone. **Revista da sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 869–875, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/CGm8FyNLL8CYSqvtKTs9cSr/?lang=pt&format=html#>. Acesso em 13 set. 2022.
- ARSEGO, I. B. **Sorção dos herbicidas diuron e hexazinone em solos de texturas contrastantes**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-09092009-110016/en.php>. Acesso em 12 set. 2022.
- AZANIA, C. A. M. et al. Fundamentos para aplicação de herbicidas em cana-de-açúcar. **Série Tecnologia APTA Boletim Técnico IAC**, v. 229, 2021. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt229.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.
- AZANIA, C. A. M. et al. Seletividade de herbicidas: III - aplicação de herbicidas em pós emergência inicial e tardia da cana-de-açúcar na época da estiagem. **Revista da sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 489–495, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/hQJx4ytzbSz3dcVHqMc7nvB/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 10 out. 2022.
- BARCELLOS, L. H et al. Tolerância diferencial de cultivares de cana-de-açúcar ao clomazone. **Revista da sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas**. Viçosa, v. 35, p. 235-240, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/wbfHQQk8xQzvDCFNPn9Sdkq/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 11 out. 2022.
- BARROS, G. et al. Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro. A dinâmica dos empregos formais na agroindústria sucroenergética de 2000 a 2016. Piracicaba:[sn], 2018. Disponível em:[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO\\_EDIC\\_AOESPECIAL\\_N2\(2\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDIC_AOESPECIAL_N2(2).pdf). Acesso em: 27 set. 2022.
- BELTRÃO, et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea da Paraíba: Diagnóstico do município de Pedras de Fogo**. CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16247/1/Rel\\_Pedras\\_Fogo.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16247/1/Rel_Pedras_Fogo.pdf). Acesso em: 27 jan. 2023.
- BERTOLINO, C. B.; ALVES, P. L. C. A. Seletividade de herbicidas para cana-de-açúcar no sistema Plene® em pré e pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 3, p. 197-206, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i3.249> Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/249>. Acesso em 06 abr. 2023.
- BLANCO, F. G.; VELINI, E. D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 71-75,

2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/B7yv5y7JkdFKkXrGVwxvvyh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 nov. 2022.

BORAL® 500 SC: Herbicida. Campinas-SP: FMC Química do Brasil Ltda., 2021. Bula do produto (24 p). Disponível em: <https://www.fmcagricola.com.br/Content/Fotos/Bula%20-%20Boral.pdf>. Acesso em 28 set. 2022.

BRIGHENTI, A. M. Manual de identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar. **Repositório de informação tecnológica da EMBRAPA**. 2010.

BRUM, C. S.; FRANCO, A. A.; SCORZA JÚNIOR, R. P. Degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 558–564, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3hqV9kXvBv4h4Dm7BTh6MSq/abstract/?lang=pt#>. Acesso em 05 nov. 2022.

CANELLAS, L.P. et al. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.935-944, 2003. DOI: 10.1590/S0100-06832003000500024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3kDhN6V8zj8sKJkRnv8qCG/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CARVALHO, L. et al. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1813-1834, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/cana-de-acucar.pdf>. Acesso em 15 set. 2022.

CARVALHO, L. B. **Plantas daninhas**. 1. ed. Lages: Gráfica e Editora Univest, 2013. 92 p.

CERDEIRA, A.; CANTRELL, C.; DAYAN, F.; BYRD, J.; DUKE, S. Tabanone, a new phytotoxic constituent of cogongrass (*Imperata cylindrica*). **Weed Science**, v. 60, n. 2, p. 212-218. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00160.1>.

CIRILO, L. C. **Seletividade de aplicações sequenciais de herbicidas em cana-planta e o controle para *Cynodon dactylon***. 2020. Dissertação (Mestrado em agronomia/agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2020. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/pb247018.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

CONAB. **BOLETIM DA SAFRA DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar> Acesso em: 30 set. 2022.

CONAB. **CANA-DE-AÇÚCAR – AGRÍCOLA**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/serie-historica-das-safra/itemlist/category/891-cana-de-acucar-agricola> Acesso em 18 out. 2022.

CONAB. **PREÇOS AGROPECUÁRIOS**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info->

agro/precos?view=default. Acesso em 20 nov. 2022.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Manual de Instruções. 3ª Ed. Recife: CONSECAN-PE, 2018.

CORREIA, N. M.; ZEITOUN, V. Controle químico de melão-de-são-caetano em área de cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 329-337, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/7fxZT8zQ7nhQkkNxfwp9sR/abstract/?lang=pt>. Acesso em 15 mar. 2023.

COSTA, C. T. S. et al. Pigmentos fotossintéticos, componentes da produção e produtividade de variedades cana-de-açúcar. **IV INOVAGRI reunião internacional**, 2017.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. 1. ed. Piracicaba: CP2, 2009. p. 1- 72.

DE MIRANDA-STALDER, S. HG; BURNQUIST, H. L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 3, p. 103-119, 2019. Disponível em: <http://www.resr.periodikos.com.br/article/5d8912f90e8825a071c51225>. Acesso em 22 out. 2022.

DE MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Texto para Discussão, Brasília-DF, n. 2444, 2019. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/211457>. Acesso em: 20 fev. 2023.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, G. J. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 22, p. 127-135, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/xJDfy4HHTCD8HLYwGzG3GfN/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 03 mar. 2023.

FALCON®: Herbicida. Sorocaba-SP: IHARABRABRAS S.A. Indústrias Químicas., 2021. Bula do produto (16 p). Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-10/falcon.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/falcon.pdf) Acesso em: 28 set. 2022.

FAUSTINO, L. A. et al. Mobilidade do sulfentrazone em solos com diferentes características físicas e químicas. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 33, p. 795-802, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/hvwwQHGX3zskkn5JvCwFnH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2022.

FERREIRA, E. A. et al. Toxicidade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2012. DOI: 10.0000/rtcab.v6i1.130. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/130>. Acesso em: 21 nov. 2022.

FRANCHINI, L. H. M. *et al.* Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência da cana-de-açúcar com e sem a queima da palha / Selectivity of herbicides applied in pre- and post-emergence of sugarcane with or without burned straw. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 33666–33685, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-065. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11047>. Acesso em: 21 nov. 2022.

GALON, L. *et al.* Eficiência de controle de *Brachiaria brizantha* e seletividade dos herbicidas {(diuron + hexazinone) + MSMA } aplicados à cultura da cana-de-açúcar. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 367–376, abr. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/xdcBQPzKW4wnMvVHL49BWhz/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 15 nov. 2022.

GAMIT® STAR: Herbicida. Campinas-SP: FMC Química do Brasil., 2021. Bula do produto (20 p). Disponível em: <https://www.fmcagricola.com.br/Content/Fotos/Bula%20-%20Gamit%20Star.pdf>. Acesso em 28 set. 2022.

HEXARON® WG: Herbicida. Londrina-PR: ADANA BRASIL S/A., 2019. Bula do produto (17 p). Disponível em: [https://www.adama.com/brasil/sites/adama\\_brazil/files/downloads/UTF-8%27%27Hexaron%25C2%25AE%2520WG%2520-%2520Bula.pdf](https://www.adama.com/brasil/sites/adama_brazil/files/downloads/UTF-8%27%27Hexaron%25C2%25AE%2520WG%2520-%2520Bula.pdf) Acesso em: 28 set. 2022.

KUVA, M. A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana-crua**. 2006. 105 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000, 608 p.

LOURENCETTI, C.; DE MARCHI, M. R. R.; RIBEIRO, M. L. Determinação de herbicidas de cana-de-açúcar em solo e solo tratado com vinhaça de cana-de-açúcar por extração em fase sólida e HPLC-UV. **Talanta**, v. 77, n. 2, pág. 701-709, 2008.

MAGNETO® SC: Herbicida. Sorocaba-SP: IHARABRAS S.A. Indústrias Químicas., 2021. Bula do produto (12 p). Disponível em: <https://ihara.com.br/wp-content/uploads/sites/96/2021/07/magneto-sc-bula-3104214.pdf> Acesso em: 28 set. 2022.

MANHÃES, C. M. C. *et al.* Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Revista Vértices**, Campo dos Goitacazes, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015. DOI: 10.5935/1809-2667.20150011. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20150011>. Acesso em: 6 abr. 2023.

MARTINS, F. *et al.* Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas v. 69, n. 1, p. 71–75, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/B7yv5y7JkdFKkXrGVwxvvyh/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 10 out. 2022.

MATOS, A. K. A. **Influência da vinhaça e da palhada de cana-de-açúcar na sorção de herbicidas aplicados em diferentes solos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Escola Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110931>. Acesso em 20 jan. 2023.

MENDES, et al. Lixiviação de diferentes formulações de clomazone em resíduos de cana-de-açúcar. **Research, Society and development**, [S. l.], v. 9, n. 11, pág. e5009119768, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9768. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9768> Acesso em: 22 out. 2022.

MONQUERO, P. A. et al. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 286–293, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/QxW4ssj59mDkwmMTqWPN6vm/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 12 out. 2022.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1-5 jun. 2021.

Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-21-2021.pdf> Acesso em: 18 out. 2022.

NOCELLI, R. C. F. et al. Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**, Bauru, SP. p. 275, 2017.

NOLDIN, J. A. et al. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 401–408, dez. 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pd/a/ncCXYmCjthYrRKx6WfyY4sp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2022.

NOVO, M. C. S. S. et al. Interação de imazapic no sistema integrado palha de cana-de-açúcar, herbicida e vinhaça no crescimento inicial da tiririca. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 439–449, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pd/a/JKbNN3hBh7rpLqmSKkhwWSd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2022.

OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S.; DAROS, E. **50 anos de variedades “RB” de cana-de-açúcar, 30 anos de Ridesa**. Curitiba, 2021. Ridesa: Disponível em:

<https://www.ridesa.com.br/>. Acesso em 10 out. 2022.

OLIVEIRA, E. C. A. de et al. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, p. 617-625, 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/CnNW8jZgq8z56mTsRNXQR9y/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

PEREGO, I. **Seletividade de herbicidas no desenvolvimento inicial de duas cultivares de cana-de-açúcar**. 2018. Dissertação (mestrado em agronomia) – Universidade estadual do oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018. Disponível em:

<https://tede.unioeste.br/handle/tede/4007>. Acesso em: 02 mar. 2023.

PEREZ, L. L. **Seletividade de sulfentrazone e clomazone aplicados em pré-plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar CTC 11**. 2017. Dissertação (Mestre em ciências/Fitotecnia) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-07032018-130159/en.php>. Acesso em: 15 out. 2022.

PIACENTE, F.J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 2005. Dissertação (Mestrado em Economia/Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PLATEAU®: Herbicida. São Paulo-SP. BASF S.A., 2021. Bula do produto (13 p). Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-10/plateau160218.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/plateau160218.pdf) Acesso em: 28 set. 2022.

PRATA, F. et al. Degradação e adsorção de diuron em solos tratados com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 217-223, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/gP94zq8bHFLjJ56ZnBXGzry/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2023.

PRESOTO, J. C. **Interação e eficácia de flumioxazin e pyroxasulfone e influência do período de seca após aplicação em ambiente de cana-de-açúcar**. 2020. Dissertação (mestrado em ciências/fitotecnia) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-14082020-103144/en.php>. Acesso em: 15 nov. 2022.

REATOR® 360 CS: Herbicida. Campinas-SP. FMC Química do Brasil., 2021. Bula do produto (16 p). Disponível em: <https://fmcagricola.com.br/Content/Fotos/Bula%20-%20Reator%20360%20CS.pdf> Acesso em: 28 set. 2022.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6.ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 696p.

ROLIM, J. C. **Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul, 1989. 3 p.

ROMAN, E. S. *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Como+funcionam+os+herbicidas/954b0416-031d-4764-a703-14d9b28b178e?version=1.0>. Acesso em: 20 dez. 2022.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. EAD SENAR/GO. **Cultivo e produção de cana-de-açúcar**. Goiás, 2018, p.28.

SILVA, F.J.C. et al. Avaliação de índices fitossociológicos de plantas daninhas em solos com

três diferentes texturas na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Fafibe On-Line**, v. 10, p. 223-240, 2017. Disponível em:  
<http://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistafafibeonline/sumario/66/26032018162931.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2023.

SILVA, G. R.; D'ANTONINO, L.; FAUSTINO, L. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; TEXEIRA, C. C. Sorption of fomesafen in brazilian soils. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 971-977, 2013

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.108–114, 2007a. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/vxTJ6yw3YP7bsCx7qC3Qcdj/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SILVA, P. V. et al. Sensibilidade de mudas pré-brotadas e minirrebolos de cana-de-açúcar a herbicidas pré-emergentes. **Nativa**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 498-505, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i4.10154. Disponível em:  
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/10154>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SILVA, P. V. MONQUERO, P. A. MUNHOZ, W. S. Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 21-32, 2015. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/RHd4CNRzKs74hgXYByTWbBC/?format=html>. Acesso em: 27 out. 2022.

SILVA, R. P. et al. Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas e em mudas pré-brotadas (MBPS) de diferentes variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 1, p. 640-1-9), 2019. Disponível em:  
<http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/640>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SILVEIRA, R. N. C. M. Conservação, uso racional e sustentável da água, Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016. Curso de manejo e cuidados no uso da vinhaça na fertirrigação. Fortaleza. p, 9, 2016. Disponível em: <http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2199>. Acesso em: 17 jan. 2023.

SISTEMA DE AGROTÓXICO E FITOSSANITÁRIO. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA, 2023. Disponível em:  
<https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm>. Acesso em 20 jan. 2023.

SOLOS NE CNPS EMBRAPA. **Solos do Nordeste**. Disponível em:  
<http://solosne.cnps.embrapa.br/>. Acesso em 26 jan. 2023.

SOUZA, J. R. et al. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 941–951, 2009. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/brag/a/sTRwL4gjrMDVBQpJL6Y7nSd/?lang=pt&format=html#>. Acesso em: 05 out. 2022.

TIRONI, S. P.; SOUZA, R. C. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar no

Nordeste. **Desafios, Avanços e Soluções no Manejo de Plantas Daninhas**, p. 21, 2013.

Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/975603/1/LivroSIMPOSIONECompleto.pdf#page=23>. Acesso em: 15 out. 2022.

TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Revista da sociedade brasileira da ciência das Plantas Daninhas**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 319–326, 2009.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pd/a/N7MY6Rvx6dv7SzbtKzH7jXw/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 17 out. 2022.

## APÊNDICE

Figura 1A – Contagem de perfilhos



Fonte: Autorial própria

Figura 2A – Medindo o diâmetro do colmo



Fonte: Autorial própria

Figura 3A – Medindo a altura do colmo



Fonte: Autorial própria

Figura 4A – Monitoramento do índice SPAD



Fonte: Autorial própria

Figura 5A – Redução do porte das plantas e do perfilhamento causada pelo T3



Fonte: Autorial própria

Figura 6A – Fitotoxicidade do T4 aos 30DAA



Fonte: Autorial própria

Figura 7A – Fitotoxicidade do T4 aos 45DAA



Fonte: Autorial própria