

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**EFEITO DO SULFENTRAZONE + DIURON E DICLOSULAM
NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA APLICAÇÃO
SOBRE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E COM VINHAÇA.**

SABRINA BELTRAMIN BARBOSA

DOURADOS-MS

2021

**EFEITO DO SULFENTRAZONE + DIURON E DICLOSULAM
NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA APLICAÇÃO
SOBRE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E COM VINHAÇA**

SABRINA BELTRAMIN BARBOSA

Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: Prof. Dr. Munir Mauad

COORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Vinícius da Silva

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS-MS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B238e Barbosa, Sabrina Beltramin

EFEITO DO SULFENTRAZONE + DIURON E DICLOSULAM NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA APLICAÇÃO SOBRE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E COM VINHAÇA [recurso eletrônico] / Sabrina Beltramin Barbosa. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Munir Mauad.

Coorientador: Paulo Vinícius da Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/sctor/biblioteca/repositorio>

1. Ipomoea grandifolia. 2. Rottboellia exaltata. 3. colheita mecanizada. I. Mauad, Munir. II. Silva, Paulo Vinícius Da. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**EFEITO DO SULFENTRAZONE + DIURON E DICLOSULAM NO
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA APLICAÇÃO SOBRE
PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR E COM VINHAÇA**

por

Sabrina Beltramin Barbosa

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção
do título de MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em 27/08/2021



Prof. Dr. Munir Mauad
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva
Co-Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dra. Estela Maris Inacio



Prof. Dr. Gessi Ceccon
Membro titular – UFGD/FCA

À Deus, pela dádiva da vida

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, força e dons concedidos.

Agradeço a minha família, pelo apoio e confiança. Obrigada por acreditarem em mim. Especialmente à minha mãe Marilza Maria Beltramin e ao meu pai Ademilson Peixoto Barbosa.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Munir Mauad, pela paciência, orientação, ensinamentos e por sempre ter feito tudo que esteve ao seu alcance por mim, podendo sempre confiar.

Agradeço ao coorientador Prof. Dr. Paulo Vinícius da Silva, por todos os ensinamentos e auxílio. E ainda aos integrantes do Geplad.

Agradeço a Prof. Dr. Silvia Corrêa, pela reflexão e apoio nos meus objetivos.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da UFGD, pela oportunidade e aprendizado.

Às minhas amigas Erica Ferreira, Jaqueline Maronez Rosa e Patricia Gauer, pelo apoio e auxílio.

À Fatima do Sul Agroenergética, pela doação da vinhaça utilizada na condução do experimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Local de condução do experimento.....	20
3.2 Instalações e condução do experimento.....	21
3.3 Variáveis avaliadas.....	23
3.3.1 Eficácia de controle.....	23
3.3.2 Matéria seca por planta	23
3.3.3 Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS.....	25
5. DISCUSSÕES.....	30
6. CONCLUSÕES.....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

BARBOSA, S.B. **Efeito do sulfentrazone + diuron e diclosulam no controle de plantas daninhas na aplicação sobre palha de cana-de-açúcar e com vinhaça.** 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo e o primeiro produtor de açúcar. A vinhaça é um subproduto da produção de etanol e é utilizada na fertirrigação dos canaviais devido ao seu alto teor de matéria orgânica e nutrientes. São aplicados herbicidas pré-emergentes como sulfentrazone + diuron e diclosulam para o controle de plantas daninhas *Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia*. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle das plantas daninhas *R. exaltata* e *I. grandifolia* em áreas de colheita de cana crua e aplicação de vinhaça. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área de horticultura da Universidade Federal da Grande Dourados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 6, com quatro repetições, sendo o primeiro fator composto pelos manejos (0 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça; 0 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar sem aplicação de vinhaça; 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça; 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar sem aplicação de vinhaça), o segundo fator representado pelos períodos de avaliação (7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência das plantas daninhas (DAE)). Esse fatorial foi isolado para os herbicidas pré-emergentes (sulfentrazone + diuron e diclosulam) e para as duas espécies de plantas. Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAE foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação com base em uma escala percentual visual de notas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico computacional AgroEstat. A aplicação de vinhaça não interferiu no controle de *R. exaltata* através do herbicida sulfentrazone + diuron, porém a presença de palha reduziu o controle desta planta daninha. O herbicida sulfentrazone + diuron proporcionou excelente controle de *Ipomoea grandifolia* independente do manejo empregado. A vinhaça proporcionou aumento do controle de *Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia* quando aplicado o herbicida diclosulam.

Palavras-chave: *Ipomoea grandifolia*, *R. exaltata*, colheita mecanizada.

BARBOSA, S.B. **Effect of sulfentrazone + diuron and diluting on weed control in the application on sugarcane straw and vinasse.** 2021. Dissertation (Master in Agronomy), Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS.

ABSTRACT

Brazil is the second largest producer of ethanol in the world and the first producer of sugar. Vinasse is a by-product of ethanol production and is used in sugarcane fertigation due to its high organic matter and nutrient content. Pre-emergent herbicides such as sulfentrazone + diuron and diclosulam are applied to control weeds *Rottboellia exaltata* and *Ipomoea grandifolia*. The objective of this work was to evaluate the control of weeds *R. exaltata* and *I. grandifolia* in areas of raw sugarcane harvesting and vinasse application. The experiment was conducted in a greenhouse, in the horticulture area of the Federal University of Grande Dourados. The experimental design used was completely randomized in a 4 x 6 factorial scheme, with four replications, the first factor being composed of the managements (0 t ha⁻¹ of sugarcane straw with vinasse application; 0 t ha⁻¹ of sugarcane straw without vinasse application; 10 t ha⁻¹ sugarcane straw with vinasse application; 10 t ha⁻¹ sugarcane straw without vinasse application), the second factor represented by the evaluation periods (7, 14, 21, 28, 35 and 42 days after weed emergence (DAE)). This factorial was isolated for the pre-emergent herbicides (sulfentrazone + diuron and diclosulam) and for the two plant species. At 7, 14, 21, 28, 35 and 42 DAE, visual evaluations of phytointoxication were performed based on a visual percentage scale of scores. The data were submitted to variance analysis by the F test, and the means were compared using the Tukey test, using the Agroestat computational statistical program. The application of vinasse did not interfere in the control of *R. exaltata* through the herbicide sulfentrazone + diuron, but the presence of straw reduced the control of this weed. The herbicide sulfentrazone + diuron provided excellent control of *Ipomoea grandifolia* regardless of the management employed. Vinasse increased control control *Rottboellia exaltata* and *Ipomoea grandifolia* when the herbicide diclosulam was applied.

Keywords: *Ipomoea grandifolia*, *R. exaltata*, mechanized harvesting.

1. INTRODUÇÃO

A área de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) colhida no Brasil na safra de 2020/21 foi de 8.616,1 mil hectares e a estimativa da produção para a safra 2021/22 é de 628.137,5 mil toneladas (CONAB, 2021). No estado do Mato Grosso do Sul, a área colhida de cana-de-açúcar cresceu aproximadamente 67% nos últimos 10 anos. Devido à maior disponibilidade de terras cultiváveis no estado e a escassez de áreas nas principais regiões produtoras do país, campos de pecuária deram lugar à canaviais. Mais de 75% da cana-de-açúcar colhida no estado é utilizada na obtenção de etanol, produzido pelas 22 usinas sucroalcooleiras localizadas no estado (CONAB, 2011; Defante et al., 2018; CONAB, 2021).

A região Centro-Sul é caracterizada pelas condições climáticas favoráveis, áreas com pouca declividade, grandes extensões de terra e relevo topográfico que favorece as operações de mecanização, possibilitando a colheita dos colmos por máquinas (Shikida, 2013). No Brasil, o índice de mecanização da colheita nos canaviais é superior a 90%, já na região Centro-Sul 97,8% e Mato Grosso do Sul já atinge 100% da colheita mecanizada (CONAB, 2020).

A planta daninha *Ipomoea grandifolia* pertence à família Convolvulaceae (Lima e Melo, 2019) e é uma das plantas daninhas que mais causam prejuízo econômico às lavouras agrícolas no Brasil, devido à redução na produtividade e dificultando as operações de colheita mecanizada de cana-de-açúcar (Correia, 2016; Bunhola e Segato, 2017; Pagnoncelli et al., 2017), em decorrência ao “embuchamento” da colheitadeira, reduzindo assim, o rendimento operacional e a qualidade do produto colhido (Azania et al., 2011). Silva et al (2009) observaram em seus estudos uma redução na produtividade de 46% em função de interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca.

Rottboellia exaltata L. f, sinônimo de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Correia, 2016b) pertencente à família Poaceae (Belapart, 2020) e é considerada uma importante planta daninha, responsável por prejuízos econômicos e dificuldades no manejo em cana-de-açúcar (Monquero et al., 2012). Estudos realizados Correia e Gomes (2014) encontram redução de 56% na produtividade de colmos de cana-de-açúcar, quando essa espécie foi mantida ao longo de seu ciclo na cultura.

A vinhaça é um subproduto da produção de etanol e apresenta alta concentração de K, o que torna praticamente obrigatório seu uso no manejo da fertilidade

do solo nas usinas (Fialho et al., 2019). Em Mato Grosso do Sul, este cenário é extremamente relevante, haja visto que mais de 75% da cana-de-açúcar colhida é destinada a produção de etanol, gerando um grande volume de vinhaça (Defante et al., 2018). Entretanto, são escassas as informações quanto aos efeitos da aplicação de vinhaça na dinâmica de herbicidas pré-emergentes em áreas de colheita de cana crua.

O cultivo de cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul apresentou um expressivo aumento de área cultivada (67%) (CONAB, 2011; CONAB, 2021), demandando assim, pesquisas em controle químico de plantas daninhas, pois os dados de pesquisas utilizados nos canaviais em Mato Grosso do Sul, são de trabalhos desenvolvidos nos estados de São Paulo e Paraná, havendo portanto, uma grande demanda por dados regionais.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi identificar o controle das plantas daninhas *Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia* em áreas de aplicação de vinhaça e colheita mecanizada por meio de herbicidas pré-emergentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cultivo da cana-de-açúcar é importante para o setor agrícola brasileiro. Segundo Sanomia et al. (2018), o Brasil é o maior produtor mundial desta cultura. A produção para o ano de 2020 foi de 677,9 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Diferentemente de outros países, as agroindústrias sucroalcooleiras do Brasil vêm operando em um ambiente positivo e sustentável (CONAB, 2020). A cana-de-açúcar é uma das principais matérias-primas utilizadas para a produção do bioetanol (Byrt et al., 2011) pois a palhada remanescente do processo de colheita é a base da sua produção (Oliveira e Simões, 2020).

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e tem sua origem nas regiões tropicais do sul e sudeste da Ásia (Oliveira et al., 2017). Se trata de uma gramínea com metabolismo C4, altamente eficiente na conversão de energia solar em energia química (Byrt et al., 2011) metabolizando sólidos solúveis de hidratos de carbono tais como sacarose, glicose e frutose (Costa et al., 2021).

As variedades de canas de açúcar modernas são resultado da constante engenharia genética que combinou o alto teor de açúcar da espécie *Saccharum officinarum* com a rusticidade e resistência à doenças da espécie *Saccharum spontaneum* (Zhang et al., 2018).

Anteriormente, a prática de queimadas no canavial a fim de eliminar o excedente de palha e facilitar a colheita, era um manejo comum nas lavouras de cana-de-açúcar. Atualmente, devido à preocupação com o meio-ambiente, órgãos ambientais preconizam a migração desse sistema para a colheita mecanizada (Santos, 2019), especialmente visando a redução da emissão de gases que promovem o efeito estufa.

A palha deixada sobre o solo após a colheita da cana-de-açúcar sem queima, pode atuar como uma barreira física ou química (efeito aleloquímico) no controle de plantas daninhas (Soares et al., 2011). Entretanto, pode tanto interceptar quanto reter os herbicidas aplicados em pré-emergência, diminuindo a sua transposição da camada de palha para a superfície do solo e acarretar na redução no controle das plantas daninhas (Barros et al., 2021; Matos et al., 2016; Da Silva, 2018). A palha proveniente das operações mecanizadas da colheita de cana-de-açúcar e depositada sobre a superfície do solo, pode influenciar também a comunidade das plantas daninhas infestantes através da

modificação das características químicas, físicas e biológicas dos solos, tendo forte relação com a alelopatia no controle de plantas daninhas (Belapart, 2020).

A alelopatia é caracterizada com a liberação de metabólitos secundários, chamados aleloquímicos, devido ao processo de decomposição dos resíduos vegetais (palha), podendo interferir na germinação de sementes pela inativação dos mecanismos de dormência e desenvolvimento inicial de plantas daninhas (Gomes Junior e Christoffoleti, 2008; Monquero et al., 2009).

Mundt (2021), ao estudar a dinâmica e eficácia de herbicidas aplicados no sistema solo e palha, ressalta que concentrações maiores de herbicidas foram detectadas no solo, quando a aplicação ocorreu diretamente ao solo, portando, sem a adição de palha. A autora sugere que a palha exerceu uma barreira física no momento da aplicação, prejudicando a chegada do herbicida até o solo e demandando algum volume de água para que ocorra o carregamento do herbicida até o solo.

Para Monquero et al. (2012), os níveis de palha de *Crotalaria spectabilis* mais eficientes na supressão de *Rottboellia exaltata* são 10 t ha⁻¹, posicionada sobre o solo argiloso e 5 t ha⁻¹ de palha de *Canavalia ensiformis* incorporada ao solo arenoso. Correia et al. (2013), observaram em um estudo com diferentes níveis de palha (0, 5, 10 e 15 t ha⁻¹), menor biomassa acumulada de plantas daninhas de *R. exaltata* utilizando o nível de 15 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar.

Estudos como o publicado por Belapart (2020) citam o efeito positivo no controle de espécies de plantas daninhas pela palha cana-de-açúcar. Foi observado que a utilização de 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar reduziu a emergência de todas as espécies avaliadas (*Bidens pilosa*, *Ipomoea quamoclit*, *I. heterifolia*, *I. nil*, *I. grandifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Euphorbia heterophylla*, *R. exaltata*, *Digitaria horizontalis* e *D. insularis Merremia aegyptica*) reduzindo a emergência nas que têm sementes menores e conseqüentemente um teor de reservas nutricionais energéticas reduzido. Ainda, segundo os autores, ao utilizar nos tratamentos a água lixiviada pela palha, pode constatar que a aplicação de água lixiviada reduziu a emergência apenas de *R. exaltata*, não sendo observado o controle da emergência pelo efeito químico para outras espécies de plantas daninhas estudadas, concluindo assim que os efeitos físicos da palha são os mais importantes para a supressão da emergência.

Oliveira e Freitas (2009), ao utilizarem a quantidade de 16 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, observaram um eficiente controle da *R. exaltata*, não se fazendo

necessária a aplicação de herbicida para o controle desta planta daninha. Labonia et al. (2009) em seus estudos, verificaram que a palha distribuída na superfície do solo foi capaz de reduzir a emergência, velocidade de emergência e estabelecimentos das plântulas de *Ipomoea triloba* e *Merremia cissoides*.

A vinhaça é um resíduo líquido, de alta turbidez, pH ácido e composição química dependente da matéria-prima (cana-de-açúcar), resultante do processo de fermentação que produzirá o álcool, possuindo abundante teor de potássio, nutriente essencial para a planta (Seixas et al., 2016; Prado et al., 2017; Menezes, 2019).

Estima-se que para cada litro de etanol produzido, são gerados, em média, 13,7 litros de vinhaça (Cavalett et al., 2012). Na safra de 2017/2018 foram produzidos aproximadamente 27,7 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2018) logo, a produção média de vinhaça foi de aproximadamente 379 bilhões de litros.

A vinhaça é classificada como resíduo classe II não inerte (Soto et al., 2017). No Brasil é comumente aplicada no solo como um fertilizante natural para a cultura da cana-de-açúcar (Napolini et al., 2017), evitando assim que seja lançada diretamente no solo em grande vazão, impedindo a contaminação dos cursos d'água (Penatti, 2019).

A utilização da vinhaça na fertirrigação da cana-de-açúcar, tem apresentado resultados satisfatórios em termos de alterações químicas do solo, como aumento do teor de matéria orgânica do solo (Bebé et al., 2009; Vieira et al., 2020) e teores de potássio, cálcio e magnésio, seguido por sais de sulfato, cloreto, fosfato (fósforo) e nitrato no solo, sendo o potássio com o teor mais elevado. Esses constituintes auxiliam na manutenção da fertilidade do solo (Soto et al., 2017) e exigências nutricionais das plantas.

De acordo com o estudo realizado por Silva et al. (2019c), a aplicação de vinhaça *in natura* na dose de (120 m³ ha⁻¹) associada a ureia (60 kg ha⁻¹), promoveu aumento da produtividade cana-de-açúcar. Ainda, foi concluído pelos autores que o uso de fertilizante nitrogenado e aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar incrementam a produtividade e não afetam a qualidade tecnológica do produto em comparação a testemunha não tratada. Observou-se no estudo que a vinhaça promoveu maior disponibilização de íons K⁺ e Mg⁺² no solo.

Prado et al. (2017) concluíram em seus estudos que a aplicação de vinhaça nos canaviais pode aumentar a qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar. A aplicação da vinhaça ao solo causa um acréscimo importante no teor de cátions trocáveis, que apresentam uma elevada proporção na composição da vinhaça,

umentando com isso a soma de bases (Vieira et al., 2020). Ainda, a aplicação deste resíduo da indústria sucroalcooleira pode afetar o pH do solo, promovendo a acidificação do mesmo (Francisco et al., 2015; Yin et al., 2019) devido a oferta de N-orgânico presente na sua composição química e reações de nitrificação que ocorrem no solo, liberando H^+ e acidificando o solo (Cantarella, 2007).

Estudos referentes à interação dos herbicidas pré-emergentes com a matéria orgânica ou compostos agroindustriais implantados na cultura da cana-de-açúcar são de grande importância para que ocorra uma melhor tomada de decisão sobre quais os melhores métodos de controle de plantas invasoras dos canaviais (De Oliveira et al., 2020), visto que, com o aumento de matéria orgânica no solo, há uma maior sorção de herbicida residual, acarretando na diminuição da mobilidade da molécula herbicida no perfil do solo e sua disponibilidade às plantas e aos microrganismos (Christofolletti e Ovejero, 2009).

A aplicação de vinhaça pode afetar positiva ou negativamente o desempenho dos herbicidas pré-emergentes, sendo seu efeito relacionado às características particulares do ingrediente ativo utilizado (Jerônimo et al., 2019). São algumas delas, a constante de ionização ácida (pK_a), o coeficiente de distribuição octanol-água (K_{ow}) e a solubilidade em água (S) (Christofolletti e Ovejero, 2009). O pK_a indica a tendência do herbicida em se ionizar. Assim, o valor de pK_a representa o valor de pH do solo, no qual 50% das moléculas se encontram na forma molecular e 50% na forma ionizada (Monquero e Silva, 2021). O K_{ow} é a medida da intensidade da afinidade da molécula pela fase polar (água) e apolar (octanol), ou seja, o K_{ow} mensura a lipofilicidade do herbicida, já a solubilidade em água indica a quantidade máxima que uma molécula se dissolve em água pura. (Oliveira e Brighenti, 2011).

A plantas daninhas competem por água, luz, nutrientes e espaço, reduzindo a produtividade da cana-de-açúcar. O manejo dessas plantas daninhas envolve métodos de controle cultural, mecânico e químico. O controle mecânico realizado na operação de quebra-lombo juntamente com controle químico realizado através da aplicação de herbicidas, é uma das ferramentas de manejo de plantas daninhas mais utilizadas nos canaviais (Silva, 2018).

No cultivo de cana-de-açúcar, o controle químico por meio da aplicação de herbicidas tem sido uma das alternativas mais utilizadas para conter as plantas daninhas

(Silva et al., 2012) em decorrência do efeito residual que permite que a cultura se desenvolva inicialmente num ambiente livre da competição com plantas daninhas (Silva, 2018).

Dentre as opções de herbicidas utilizados no controle químico pré emergente de plantas daninhas na cana-de-açúcar no Brasil, está o sulfentrazone que atua como o inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX); o diclosulam que é classificado como um inibidor de pigmentos e inibidor ação da acetolactato sintetase (ALS) e o diuron, que atua inibindo o funcionamento do fotossistema II (FSII) (Cobb e Reade, 2010; AGROFIT, 2021; HEAP, 2021).

Os processos de sorção, transformação e transporte das moléculas herbicidas ocorrem diretamente no solo, sendo cruciais para a determinação da eficácia e seletividade do princípio ativo no controle de plantas daninhas (Christoffoleti et al, 2008). Os fatores que regem o comportamento dos herbicidas são os atributos físico-químicos do solo, as condições ambientais, as propriedades das moléculas dos herbicidas, atividade microbiana, práticas de manejo da cultura, a tecnologia de aplicação dos herbicidas e a interação destes fatores (Christoffoleti et al, 2008; Pacheco, 2017)

As moléculas dos herbicidas são expostas a fotodegradação e volatilização, enquanto permanecem na superfície de contato, aguardando o translocamento para o perfil do solo e sorção aos colóides (Correia, 2016). A fotodegradação reduz a eficácia do herbicida, uma vez que a radiação solar fornece energia para a excitação de elétrons onde as ligações químicas dos átomos das moléculas do herbicida são afetadas, desativando o efeito do herbicida (Christoffoleti et al, 2008). O herbicida interceptado pela palha pode ficar suscetível à volatilização e fotólise, até ser transposto para o solo. Sabe-se que o processo de transporte depende da densidade de palha e da sua capacidade de retenção, além das características físico-químicas das moléculas, bem como da formulação do produto e do período de chuva que sucede a aplicação (Santos, 2019).

A seletividade de um herbicida aplicado para o controle das plantas daninhas de uma determinada cultura é baseado na capacidade desta cultura em metabolizar as moléculas do herbicida sem que ocorram prejuízos à planta de interesse agrícola. Assim, as plantas daninhas suscetíveis a esses compostos químicos não possuem a capacidade de metabolizar rapidamente essas substâncias (Roman et al., 2007).

O mecanismo de ação do princípio ativo do herbicida sulfentrazone é a inibição da enzima protoporfirina oxidase (PROTOX), responsável por converter

protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX no cloroplasto da célula vegetal para sintetizar citocromo e clorofila (Coob e Reade, 2010).

O herbicida sulfentrazone é recomendado para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (AGROFIT, 2021) e atinge várias espécies de plantas daninhas, nas modalidades de pré e pós-emergência devido ao seu amplo espectro de controle, sendo empregado principalmente para espécies dicotiledôneas, contudo pode ser utilizado em algumas espécies monocotiledôneas. No entanto, a eficácia dos herbicidas que inibem PROTOX é limitada por alguns fatores, dentre eles: (a) Translocação limitada nas plantas, sendo sua eficiência de controle efetivada se a aplicação for realizada no estágio inicial de desenvolvimento da planta, sendo fundamental que a plântula possua área foliar suficiente; (b) Espectro de controle orientado para ervas daninhas de folha larga, sendo necessário a aplicação concomitante de herbicidas gramínicidas à fim de complementar a faixa de controle das plantas daninhas da área (Brusamarello et al., 2019).

O herbicida sulfentrazone utilizado na modalidade de pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar, objetivando o controle de *Ipomoea grandifolia* obteve o controle de 88% com a aplicação da dose 600 g ha⁻¹ (Azania et al., 2009), índice de controle similar ao encontrado por Brusamarello (2019), que para a mesma espécie de planta daninha, obteve o controle maior que 80% ao utilizar doses a partir de 400 g ha⁻¹.

Almeida et al., (2017) ao avaliarem o controle de *Ipomoea hederifolia* utilizando o herbicida sulfentrazone na dose 800 g de i.a. ha⁻¹, de forma isolada ou com aplicação de adjuvantes, observaram houve um controle satisfatório da planta daninha no período de 1 a 90 dias após a aplicação, não havendo incremento no controle devido ao uso de adjuvantes. Já Zacharias et al., (2021), ao estudarem o controle de *Rottboellia cochinchinensis* através da aplicação em pré-emergência da mistura sulfentrazone + diuron, observaram que o controle foi superior a 90% na dose de 123 g sulfentrazone + 245 g diuron i.a.ha⁻¹. Tais estudos, demonstram a eficiência de controle dos herbicidas, para as plantas daninhas ocorrentes.

O herbicida diuron é um inibidor do fotossistema II (FSII) da planta (Coob e Reade, 2010). O modo de ação do efeito inibitório do FS II, envolve basicamente a competição deste mecanismo de ação do herbicida com a plastoquinona (PQ), pelo sítio de ligação do complexo proteico D1 no FS II. Isso inibe conseqüentemente o transporte de elétrons, impedindo a formação de NADPH e ATP, evitando assim o ciclo de redução

de carbono e finalmente, devido ao excesso de energia no FSII ocorre a produção de (ROS) espécies reativas de oxigênio (Roman et al., 2007; Powles e Yu, 2010).

A taxa fotossintética das plantas que recebem herbicidas inibidores do FS II é reduzida rapidamente após a aplicação. A interrupção do fluxo de elétrons entre os FS II e I resulta na redução da produção de energia, levando a planta à morte (Roman et al., 2007).

A clorose é um sintoma observado com frequência em plantas tratadas com herbicidas inibidores do fotossistema II. A clorofila da planta é destruída por reações de foto-oxidação do cloroplasto e a peroxidação de lipídios na membrana, ocasionando a necrose de lacunas nervosas e bordas foliares. Os sintomas são vistos principalmente nas folhas mais velhas, em seguida há a interrupção do crescimento da planta e morte (Pacheco, 2017).

De Sousa et al., (2020) ao estudarem o controle de plantas daninhas através de diferentes doses da mistura de sulfentrazone + diuron em cana-de-açúcar, observaram que tanto aos 20 DAA quanto aos 40 DAA, mesmo na menor dose de aplicação do herbicida (350 g i.a. ha⁻¹ sulfentrazone + 700 g i.a. ha⁻¹ diuron), houve o controle total das plantas daninhas *Urochloa plantaginea*, *Rottboellia cochinchinensis* e *Alternanthera tenella* sendo estes herbicidas seletivos à cultura da cana-de-açúcar.

Bunhola e Segato (2017), ao estudarem o controle pela mistura de herbicidas sulfentrazone + diuron na modalidade de pré-emergência no sistema de cana planta, constataram o controle de *Ipomoea quamoclit*, *Merremia cissoides*, *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria horizontalis*.

O herbicida diclosulam pertence ao grupo das triazolopirimidinas, é um herbicida ionizável, de caráter ácido, com disponibilidade dependente do pH da solução. É considerado altamente tóxico e perigoso ao ambiente, registrado no Brasil para controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (Christoffoleti et al., 2008; Oliveira, 2011; Agrofit, 2021). Herbicidas de caráter ácido são aqueles que sua forma molecular doa prótons e formam íons carregados negativamente. Assim, para estes herbicidas, se o pH da solução do solo for igual ao valor de pKa, as concentrações nas formas dissociadas e não-dissociadas são equivalentes (Oliveira e Brighenti, 2011).

O diclosulam atua na inibição da ação da enzima acetolactato sintetase (ALS). Esta enzima é responsável pela biossíntese dos aminoácidos essenciais valina, leucina e isoleucina em microrganismos e plantas e quando é inibida paralisa a divisão celular,

reduz a síntese de proteínas, inibe a translocação de carboidratos comprometendo o crescimento das plantas (Roman et al., 2007; Coob e Reade, 2010).

A enzima ALS está presente nos cloroplastos da clorofila e nos plastídios de tecidos não clorofilados, sendo sua atividade mais intensa em tecidos meristemáticos. Os sintomas na planta por intoxicação por inibidores de ALS podem ser constatados pela observação das bordas foliares amarelada, nervuras avermelhadas ou arroxeadas e limbo foliar com manchas amareladas (Roman et al., 2007)

A ALS é uma importante enzima na síntese de aminoácidos com cadeia lateral, responsável por catalisar duas reações: a condensação de duas moléculas de piruvato para a formação de uma molécula de acetolactato e/ou condensação de uma molécula de piruvato adicionada a uma molécula de acetobutirato para formar acetohidroxitirato (Roman et al., 2007).

Inibidores de ALS possuem lipofilicidade intermediária e comportamento de ácido fraco, assim possuem deslocamento facilitado na planta via floema e xilema, além de baixa adsorção pelos colóides do solo, tornando-o disponível facilmente na solução do solo (Roman et al., 2007).

Carbonari et al. (2008), ao estudarem a eficácia da aplicação do herbicida diclosulam, no controle da planta daninha *Ipomoea grandifolia*, obtiveram controle satisfatória da planta daninha através da aplicação do herbicida diclosulam mesmo para a menor dose utilizada (21,8 g i.a. ha⁻¹) quando este foi aplicado na ausência e presença de palha ou seguido da ocorrência de chuvas de 30 mm. A maior dose (25,2 g i.a. ha⁻¹) também resultou em elevados níveis de eficácia de controle da planta daninha, exceto para a aplicação em palha seca e úmida sem precipitação.

Grichar et al. (2006) ao avaliar o controle do herbicida diclosulam em *Ipomoea lacunosa*, pode observar que o controle desta planta daninha foi de 81% ao ser aplicado o herbicida sozinho e de 90% quando o herbicida diclosulam foi associado ao herbicida etalfluralina.

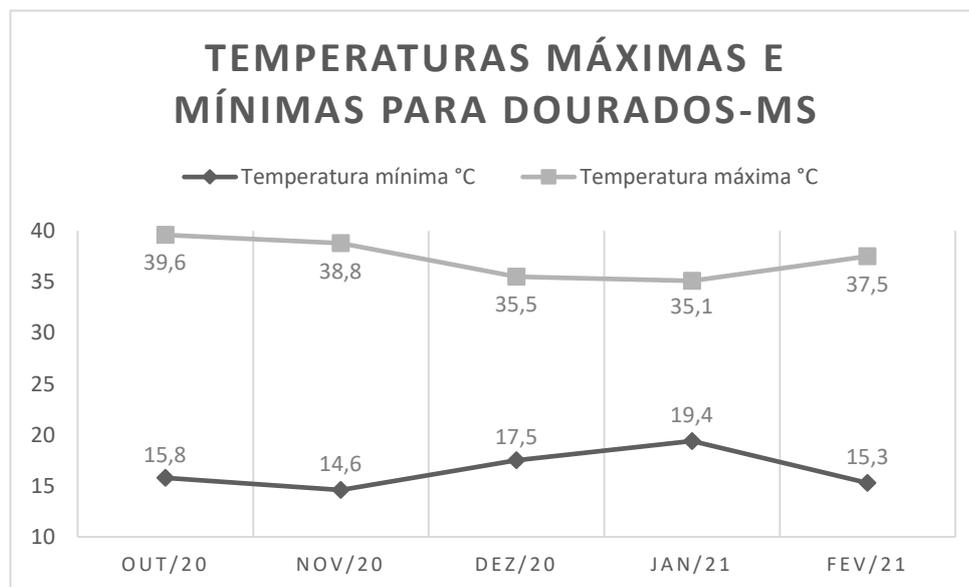
Estudos referentes ao controle de *R. exaltata* e *Ipomoea grandifolia* são escassos na literatura, sendo sugerida a realização pesquisas complementares à fim de elucidar seu comportamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização dos experimentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área de horticultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. O clima conforme a classificação de Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e verão quente e chuvoso, sendo as temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro a janeiro e as mínimas entre maio e agosto (Fietz et al., 2017).

O mesmo experimento foi realizado em dois períodos distintos, sendo a semeadura da primeira repetição, realizada em outubro de 2020 e o encerramento em dezembro de 2020. Já a segunda repetição foi semeada em dezembro de 2020 e sua conclusão foi em fevereiro de 2021. Os dados de temperatura máxima e mínima são



apresentados na Tabela 1, à seguir:

Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima para a região de Dourados, durante a condução dos experimentos. Dourados-MS. Adaptado de Fietz et al, 2021.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 6, com quatro repetições, sendo o primeiro fator composto pelos manejos (0 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça; 0 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar sem aplicação de vinhaça; 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar com aplicação de vinhaça; 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar sem aplicação de vinhaça), o segundo fator representado pelos períodos de avaliação (7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência das plantas daninhas (DAE)). Esse fatorial foi isolado para os herbicidas pré-emergentes (sulfentrazone + diuron e diclosulam) e para as duas espécies de plantas daninhas (*Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia*). As unidades experimentais foram constituídas de vasos de polietileno com capacidade para 8 kg.

Os vasos foram preenchidos com amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2018) de área não cultivada e sem histórico de utilização de herbicidas, e apresentou as seguintes características químicas e granulométricas (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado da análise química do solo (0 a 20 cm). Dourados – MS.

pH	P(res)	K	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	C.O
CaCl	----- mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----				--- g dm ⁻³ ---		
4,5	1,79	39,00	2,50	0,10	1,00	0,28	0,73	4,97	10,28	5,96

3.2 Instalação e condução do experimento.

Foram utilizados 48 vasos plásticos de 26 cm de diâmetro, os quais foram preenchidos com 8 kg de um solo Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2018) previamente peneirado manualmente à fim homogeneizar o solo e eliminar material vegetal indesejável.

As sementes de *Rottboellia exaltata* (capim camalote) e *Ipomoea grandifolia*, (corda de viola) foram pesadas em balança de precisão a fim de padronizar a semeadura, sendo adotados os valores de 0,5 gramas de sementes de *Rottboellia exaltata* por vaso e 0,3 gramas de sementes de *Ipomoea grandifolia* por vaso, com base na porcentagem de germinação das sementes. As sementes da gramínea *Rottboellia exaltata* foram semeadas de modo a receber uma pequena camada de solo (aproximadamente de 1 cm), apenas o

suficiente para cobri-las, já as da eudicotiledônea *Ipomoea grandifolia* foram semeadas a aproximadamente 2 cm de profundidade e também receberam uma pequena cobertura de solo. Assim que realizada a semeadura, foi depositada a palha nos tratamentos pertinentes.

A palha utilizada como cobertura do solo nos vasos, foi oriunda da área de cana-de-açúcar cultivada na Universidade Federal da Grande Dourados e que não recebeu nenhuma aplicação de herbicida. A palha foi recolhida, acondicionada em sacos de polietileno, seca em estufa de circulação de ar forçada por 48 h à temperatura de 50°C e armazenada em laboratório. Em seguida, a palha foi picada em tamanho aproximado de 5 cm de comprimento, com a finalidade de promover a maior cobertura da área do solo dos vasos e obter uma melhor representatividade do cenário de colheita mecanizada. A quantidade de palha foi calculada de acordo com o diâmetro do vaso, tomando como referência os níveis de palha 0 t ha⁻¹ e 10 t ha⁻¹. Foram obtidos os valores de palha de cada vaso pela seguinte equação:

$$A = \pi \cdot r^2,$$

sendo A = área; r = raio. Após o cálculo, cada vaso recebeu 53,09 gramas de palha, o equivalente a 10 t ha⁻¹. O nível de palha 0 t ha⁻¹ não recebeu palha.

Posterior a deposição de palha na superfície do solo dos vasos, foi realizada a aplicação dos herbicidas pré-emergentes, utilizando-se de um pulverizador costal pressurizado por CO₂, constituído por uma barra de condução e 4 pontas de pulverização da marca comercial MagnoJet® (11002 BD) com jato plano de baixa deriva.

A vazão utilizada foi de 175 L/ha⁻¹. As doses utilizadas foram 0,231 kg ha⁻¹ de diclosulam e 5 L/ha⁻¹ de sulfentrazone + diuron. No momento da pulverização da aplicação do herbicida no primeiro experimento, a umidade relativa do ar era 50,6%, a temperatura do local 34,8°C e velocidade do vento igual a 0,3 km h⁻¹. Após a pulverização dos herbicidas nos respectivos tratamentos, ocorreu a aplicação da vinhaça nos tratamentos que constituíram esse resíduo. A dose de vinhaça foi aplicada imediatamente nos tratamentos após a pulverização dos herbicidas e foi calculada pela seguinte equação (CETESB, 2006):

$$\text{m}^3 \text{ de vinhaça/ha} = [(0,05 \times \text{CTC} - \text{ks}) \times 3744 + 185] / \text{kvi}$$

Onde:

0,05 = 5% da CTC;

ks = concentração de potássio no solo (dm⁻³);

3744 = constante;

185 = peso em kg de K₂O extraído pela cultura da por hectare em cada corte;

kvi = concentração de potássio da vinhaça, expressa em kg m⁻³.

Assim, a quantidade de vinhaça calculada para o tratamento foi de 300 m³ha⁻¹. Conhecendo a área dos vasos, cada vaso recebeu o volume igual a 1,56 L de vinhaça, o equivalente a recomendação calculada de 300 m³ha⁻¹.

A vinhaça foi aplicada lentamente ao solo dos vasos, com o auxílio de uma proveta graduada, evitando que essa se acumulasse de modo desuniforme na superfície do solo. Nos tratamentos que não houve a aplicação de vinhaça, houve a aplicação de água como simulação de chuva, equivalendo a precipitação de 20mm. Após a simulação de chuva e aplicação de vinhaça, foi atribuído aos tratamentos um repouso de 72 horas, evitando neste período a irrigação dos vasos.

A irrigação foi promovida com o auxílio de um regador, sendo realizada quatro vezes por semana, sendo observada a capacidade de campo do solo do vaso para a manutenção da demanda hídrica das plantas daninhas.

3.3. Variáveis avaliadas

3.3.1 Eficácia de controle

Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAE foram realizadas avaliações visuais de controle com base em uma escala percentual visual de notas da Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974) para a determinação da eficácia de controle de plantas daninhas pelos herbicidas, na qual 0 corresponde à ausência de injúrias e 100% a morte das plantas.

3.3.2 Matéria seca por planta

Aos 42 DAE, após a última avaliação de controle, as plantas de *Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia* foram contadas e a parte aérea dessas plantas, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e colocados em uma estufa de circulação forçada de ar à 65°C, por 72 horas. Após este período, as plantas foram pesadas em balança analítica, a fim de se mensurar os valores da massa de matéria seca dos tratamentos.

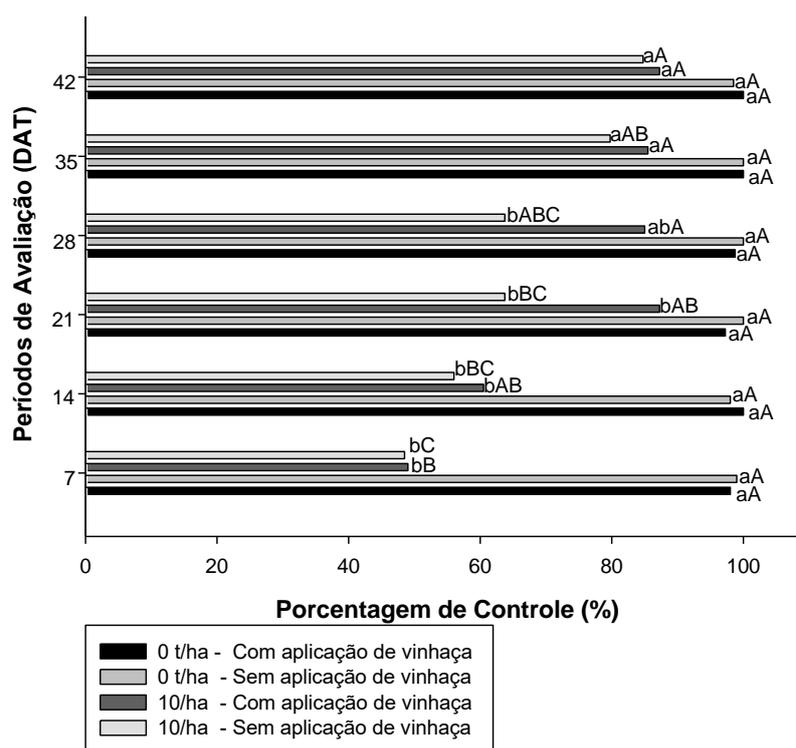
3.3.3 Análise estatística

Para a análise dos dados de massa seca obtida nos diferentes tratamentos, foram transformados em porcentagens de redução em virtude da aplicação dos diferentes

tratamentos de herbicidas em comparação com a testemunha sem aplicação de herbicidas. Os dados de massa seca e controle, obtidos para cada um dos tratamentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico computacional AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2010). Quando significativos, foram elaborados gráficos de barras, com o auxílio do programa computacional SIGMAPLOT. A análise dos dados foi feita individualmente para cada herbicida e espécie de planta daninha.

4. RESULTADOS

Houve interação entre quantidade de palha e de vinhaça, no controle de *R. exaltata* através da aplicação do herbicida sulfentrazone + diuron (Figura 1). Aos 7 DAT, independentemente da quantidade de palha, a vinhaça não interferiu no controle de *R. exaltata*, pois não se observou diferença estatística na aplicação com ou sem vinhaça, dentro de cada quantidade de palha (0 e 10 t ha⁻¹), esse comportamento foi observado até os 42 DAT. Entretanto se observou um controle excelente superior a 95% nas aplicações diretamente no solo independentemente da presença de vinhaça. Já na aplicação sobre 10 t ha⁻¹ de palha, ainda no período de 7 DAT, houve uma redução de quase 50% de controle em relação ao tratamento com aplicação direta ao solo, sendo o controle deste tratamento próximo a 50%, independentemente da aplicação de vinhaça.



** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas comparam a porcentagem de controle para cada período de avaliação e letras maiúsculas a evolução do controle através de cada período de avaliação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FIGURA 1: Controle de *R. exaltata* através da aplicação do herbicida sulfentrazone + diuron associado a diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar e presença ou ausência de aplicação de vinhaça.

Na Figura 1 foi constatado no período de 14 DAT e 21 DAT, que a palha interferiu significativamente na porcentagem de controle para os tratamentos com 0 e 10 t ha⁻¹ de palha. Quando a aplicação do herbicida sulfentrazone + diuron foi realizada em solo descoberto, o controle foi maior, sendo superior a 90%. Não são observadas diferenças significativas que remetem a interferência pela aplicação de vinhaça nos tratamentos dentro de cada período de avaliação.

Os tratamentos que não receberam aplicação de vinhaça diferiram significativamente no período de 28 DAT, inferindo assim que houve redução do controle das plantas daninhas quando introduzida a palha no tratamento. Os tratamentos que receberam a aplicação de vinhaça, obtiveram controle superior a 80% aos 28 DAT, não sendo constatada diferença significativa entre eles, como observado na Figura 1.

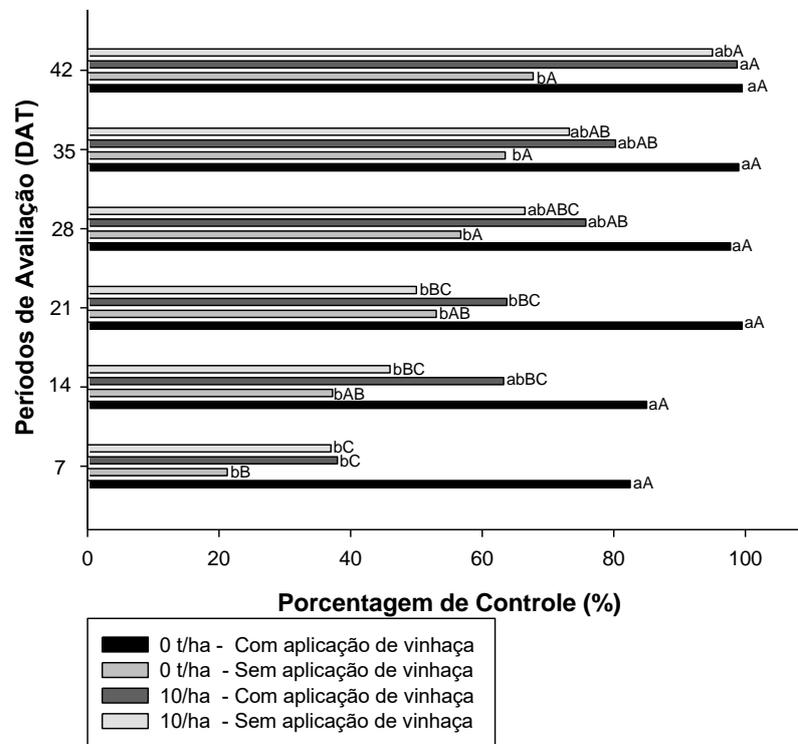
Na Figura 1 ao observar os períodos de 35 e 42 DAT, não foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que aos 42 DAT todos os tratamentos apresentaram controle superior à 80%, sendo que nos tratamentos onde ocorreu a aplicação do herbicida diretamente ao solo, a porcentagem de controle foi de aproximadamente 100% para *R. exaltata*.

Na aplicação do herbicida sulfentrazone + diuron, sobre 10 t ha⁻¹ de palha com aplicação de vinhaça, observou-se gradativo do aumento da porcentagem de controle. Esse aumento foi constatado dos 7 aos 21 DAT. A partir dos 28 DAT não houve diferença significativa e as porcentagens de controle foram próximas a 85%. O mesmo comportamento evolutivo foi observado no tratamento que recebeu a cobertura de 10 t ha⁻¹ de palha e sem aplicação de vinhaça, onde novamente foi identificado um aumento das porcentagens de controle no período de 7 a 21 DAT. Contudo, aos 28 DAT ocorreu uma estabilização na porcentagem de controle, não havendo diferença estatística de 28 a 42 DAT. É possível evidenciar na Figura 1, que aos 42 DAT, todos os tratamentos obtiveram controle superior a 80%.

Em suma, é verificado na Figura 1, que nas aplicações do herbicida sulfentrazone + diuron diretamente ao solo independente do uso de vinhaça, foram obtidas porcentagens de controle de *R. exaltata* excelentes, com porcentagens próximas a 100%, não sendo detectada diferença significativa entre eles.

Em relação a Figura 2 é possível observar os efeitos de controle de *R. exaltata* através da aplicação do herbicida diclosulam. Aos 7 DAT é possível identificar diferença significativa para o tratamento com aplicação direta ao solo, sugerindo uma interferência

devido a aplicação de vinhaça, responsável pelo aumento da porcentagem de controle. Esse comportamento se mantém até os 42 DAT. Contudo, tal interferência da aplicação de vinhaça não foi observada quando utilizado 10 t ha⁻¹ de palha, não sendo observada diferença significativa entre os tratamentos para todos os períodos (7 a 42 DAT).



** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas comparam a porcentagem de controle para cada período de avaliação e letras maiúsculas a evolução do controle através de cada período de avaliação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

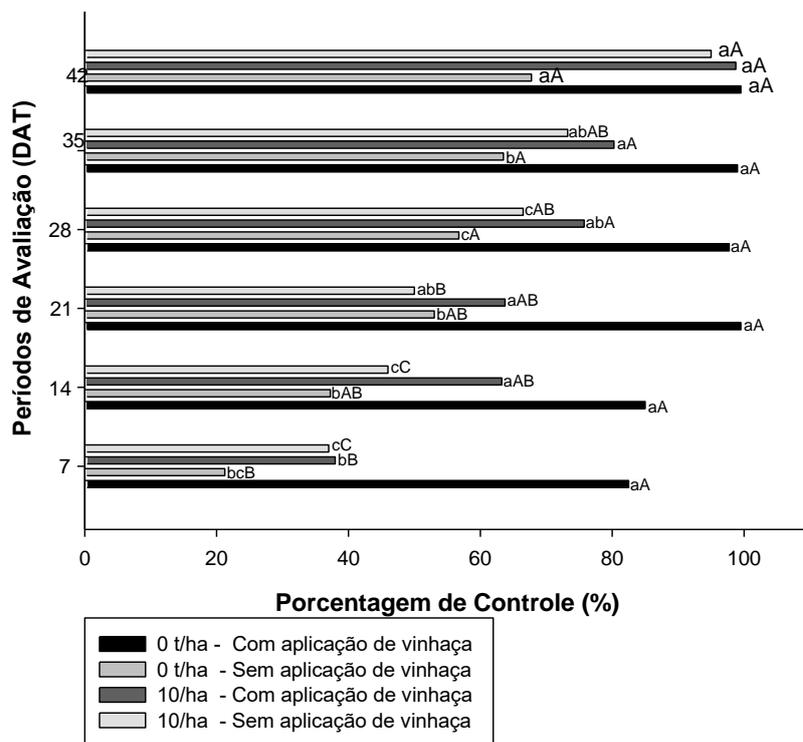
FIGURA 2: Controle de *R. exaltata* através da aplicação do herbicida diclosulam associado a diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar e presença ou ausência de aplicação de vinhaça.

A aplicação do herbicida diclosulam diretamente ao solo sem cobertura e com aplicação de vinhaça, resultou em maior porcentagem de controle para todos os períodos de avaliação para *R. exaltata*. A aplicação de vinhaça independentemente da utilização de palha para a cobertura do solo, promoveu um aumento no controle de *R. exaltata*, sendo esse efeito mantido para todos os períodos de avaliação (Figura 2).

Ao analisar o período de 42 DAT na Figura 2, nota-se que independentemente do tratamento utilizado, houve o controle de *R. exaltata* pelo herbicida diclosulam superior a 60%, sendo que para os tratamentos que receberam vinhaça e/ou palha, o controle foi

superior a 90%. Na aplicação do herbicida diclosulam, sobre diretamente ao solo sem aplicação de vinhaça, observou-se uma evolução gradativa do aumento do índice de controle. Este aumento ocorreu no período de 7 a 21 DAT. A partir de 28 DAT não houve diferença significativa e as porcentagens de controle foram superiores a 50%. Tal evolução de controle em detrimento ao período de avaliação também são identificadas para os tratamentos com 10 ha⁻¹ de palha independentemente da utilização de vinhaça para todos os períodos, não sendo observadas diferenças significativas a partir de 28 DAT.

Para todos os períodos de avaliação, observou-se um controle satisfatório de *R. exaltata* através da aplicação do herbicida diclosulam aplicado diretamente ao solo, juntamente com o uso de vinhaça, sendo obtida porcentagem máxima de controle (100%) ao final do ensaio. As porcentagens de controle de *R. exaltata* pela aplicação do herbicida diclosulam ao final das avaliações foram superiores 65%.



** Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras minúsculas comparam a porcentagem de controle para cada período de avaliação e letras maiúsculas a evolução do controle através de cada período de avaliação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FIGURA 3: Controle de *Ipomoea grandifolia* através da aplicação do herbicida diclosulam associado a diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar e presença ou ausência de aplicação de vinhaça.

Em relação à figura 3 podemos observar o controle de *Ipomoea grandifolia* através da aplicação do herbicida diclosulam. No período de 7 a 35 DAT, foram detectadas diferenças estatísticas para a aplicação do herbicida diclosulam sobre o solo descoberto, sugerindo a interferência da aplicação de vinhaça no aumento da porcentagem de controle. Contudo, aos 42 DAT esse efeito não foi demonstrado, não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para o tratamento com 10 ha⁻¹ de palha, é possível constatar diferença significativa apenas nos períodos de 7,14 e 28 DAT, inferindo-se assim que nos períodos de 21, 35 e 42 DAT a aplicação de vinhaça após a pulverização do herbicida diclosulam não obteve interferência, comprovando-se pela semelhança estatística do controle. Ainda, é observado que a aplicação do herbicida diclosulam na ausência de palha e com uso de vinhaça, obteve melhor porcentagem de controle em relação todos os demais tratamentos, sendo o controle superior a 80%.

Aos 14 DAT na figura 3, são mensuradas porcentagens de controle superiores a 60% quando os tratamentos com 0 e 10 t ha⁻¹ de palha receberam vinhaça, não sendo constatadas diferenças significativas entre estes tratamentos. No entanto, nos tratamentos que não receberam vinhaça após a aplicação do herbicida diclosulam, há uma diferença significativa entre os tratamentos, demonstrando que a cobertura com palha reduziu o controle de *Ipomoea grandifolia* neste período.

Ainda, é possível inferir que aos 21 DAT, todos os tratamentos que receberam palha e/ou vinhaça obtiveram controle superior em relação ao tratamento sem aplicação de vinhaça e com 0 t ha⁻¹ de palha, comprovados pela diferença significativa. Em contrapartida aos 28, 35 e 42 DAT, quando não foi utilizada a vinhaça no tratamento, não foi detectada diferença significativa, independentemente da utilização de palha para a cobertura do solo (0 ou 10 t ha⁻¹). Porém, observou-se um aumento gradativo na porcentagem de controle ao longo destes períodos de avaliação, atingindo o percentual máximo aos 42 DAT, como apresentada na figura 3.

Ao final das avaliações, aos 42 DAT, não são observadas diferenças significativas em quaisquer tratamentos, sendo o controle superior à 65%. A aplicação do herbicida diretamente ao solo desprovido de palha, obteve um controle de 100% para *Ipomoea grandifolia*.

Na aplicação do herbicida diclosulam, sobre 0 t ha⁻¹ de palha sem aplicação de vinhaça, observou-se uma evolução gradativa do aumento do índice de controle entre

os períodos de 7 DAT a 21 DAT. A partir de 28 DAT não houve diferença significativa e as porcentagens de controle foram superiores a 50%.

Na aplicação de diclosulam diretamente ao solo e com aplicação de vinhaça, também é observada uma evolução gradativa do aumento do índice de controle entre os períodos de 7 DAT a 21 DAT. A partir de 28 DAT não houve diferença significativa e as porcentagens de controle foram superiores a 60%.

Já na aplicação sobre 10 t ha⁻¹ de palha sem aplicação de vinhaça, o aumento é constante, ou seja, desde os 7 DAT até os 42 DAT é observado aumento nas porcentagens de controle de *Ipomoea grandifolia* sendo o controle final superior a 90%.

5. DISCUSSÃO

O controle de *Rottboellia exaltata* através da mistura de herbicidas sulfentrazone + diuron, não sofreu interferência pela da adição de vinhaça ao tratamento, sendo que a acidificação do solo pela aplicação de vinhaça (Fuess et al., 2018) pouco influenciou na dissociação desse produto na solução do solo, justificando o efeito não significativo da vinhaça no controle de *R. exaltata*. Esse resultado pode ser justificado pela associação das características edáficas do solo e as características físico-químicas do herbicida aplicado. O solo utilizado no experimento apresentou pH 5,3 em água e pH 4,5 em CaCl₂ após a finalização dos tratamentos. O sulfentrazone é um herbicida ácido aniônico, com alta solubilidade em água ($S = 780 \text{ mg L}^{-1}$), pKa = 6,56 e log K_{ow} = 0,991. Já o diuron é um herbicida não iônico, com baixa solubilidade em água ($S = 35,6 \text{ mg L}^{-1}$), pKa não iônico, log K_{ow} = 2,87, conforme o Pesticide Properties DataBase (PPDB, 2021).

Ao adicionar N-orgânico no solo, através da aplicação de vinhaça, ocorre o processo de mineralização e nitrificação, a fim de transformar este N-orgânico em uma forma absorvível pelas plantas. No processo de nitrificação estão envolvidas reações de transferência eletrônica, responsáveis pela acidificação do solo (Cantarella, 2007). A vinhaça apresenta N na forma de amônia (NH₃) e ao ser incorporado ao solo, é transformado em amônio (NH₄⁺) utilizando o H⁺ da solução do solo. A reação de nitrificação transforma o NH₄⁺ em nitrato (NO₃⁻) e o H⁺ é liberado para a solução do solo acidificando o meio (Da Silva et al., 2014).

Francisco et al. (2015), menciona essa acidificação do solo pela aplicação de vinhaça. Os autores ao estudarem a condutividade elétrica e pH do solo sob diferentes

doses de aplicação de vinhaça via fertirrigação, puderam observar que o pH do solo sofreu redução gradativa, à medida que doses elevadas de vinhaça foram aplicadas. Os autores justificam esse efeito de acidificação do pH do solo, devido a degradação da matéria orgânica presente abundantemente na vinhaça, pela microbiota do solo, inevitavelmente liberando CO₂ e H⁺ no meio durante o processo.

Neste sentido, apesar do valor do pKa do herbicida sulfentrazone ser ligeiramente maior que o pH do solo utilizado nos tratamentos do presente estudo e a dissociação do herbicida estar sujeita ao pH do solo (Christoffoleti e Ovejero, 2009; Monquero et al., 2010), a acidificação ocasionada pela aplicação de vinhaça não interferiu significativamente no controle de *R. exaltata* neste caso.

Jerônimo et al. (2019), ao estudarem os efeitos da aplicação de vinhaça e torta de filtro sobre a eficácia do herbicida sulfentrazone, puderam verificar a redução de emergência da planta daninha *Ipomoea tribola* pela aplicação de vinhaça, contudo, para a planta daninha *Digitaria horizontalis* este efeito não foi observado. Ainda ressaltam que a aplicação desse sub produtos da indústria sucroalcooleira, podem afetar positiva ou negativamente a eficácia de herbicidas pré-emergentes, ficando a condição da interferência relacionada ao ingrediente ativo empregado e suas particularidades. Sendo a dinâmica do herbicida no solo, não influenciada apenas pelo pKa e pH, mas dependente também dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, tais como textura, mineralogia, teor de matéria orgânica, CTC, atividade microbiana, dentre outros fatores (Monquero et al., 2010).

Na aplicação dos herbicidas sulfentrazone + diuron, observou-se a redução na porcentagem de controle em relação a aplicação diretamente ao solo, e o posicionamento sobre palha interferiu negativamente na eficácia de controle desse herbicida. Dessa forma, foram observados dois efeitos relacionados a palha: a) a interferência negativa da palha na eficiência de controle do herbicida aplicado, podendo a palha ter atuado como uma barreira física para o transporte do herbicida; b) a evolução gradativa da porcentagem de controle ao longo dos períodos de avaliação do ensaio, que pode ter sido ocasionada pela irrigação periódica dos tratamentos, facilitando o transporte do herbicida inicialmente depositado sobre a palha para a superfície do solo.

A cobertura com palha no solo, pode interceptar e reter os herbicidas aplicados na modalidade de pré-emergência, reduzindo a porcentagem de controle das plantas daninhas devido a barreira física ocasionada pela cobertura vegetal que não permite a

transposição do herbicida aplicado na palha para o solo (Matos et al., 2016). Assim, devido esta barreira física que impede o contato direto do herbicida com o solo, a ocorrência de precipitações são fundamentais para que seja realizado o transporte dos herbicidas depositados na palha, para o solo (Mundt, 2021).

Silva et al. (2019b) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, em relação ao melhor controle de herbicidas aplicados diretamente ao solo. Os autores ao estudarem o efeito da palha de cana-de-açúcar e de diferentes regimes de precipitação, na eficácia do herbicida indaziflam no controle de plantas daninhas, dentre elas *R. exaltata*, observaram que para a precipitação de 10 mm, utilizando a dose de 100 g ha⁻¹ de indaziflam e cobertura vegetal de 10 t ha⁻¹, o controle de *R. exaltata* foi reduzido, sendo inferior a 75%. A porcentagem de controle foi afetada pelo aumento da quantidade de palha no momento da aplicação do herbicida, com a simulação de precipitação de 40 mm. Na dose de 75 g ha⁻¹ o controle foi excelente com porcentagens superiores a 90% ao serem utilizadas 0, 2 e 5 t ha⁻¹ de palha, contudo para 10 t ha⁻¹ de palha, o controle foi inferior a 80%, nestas condições pluviométricas. Os autores ainda ressaltam que para todas as doses de herbicida (75 g ha⁻¹ e 100 g ha⁻¹), valores de simulação de chuva e plantas daninhas o controle foi superior a 80% em quando o herbicida foi aplicado diretamente ao solo.

Estudos realizados por Araldi et al. (2015), ao observarem o comportamento de transporte de herbicidas em solos cobertos com 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar, apontam que para essa quantidade de palha, o herbicida diuron necessitou de precipitação pluviométrica simulada de 23 mm para que 90% do herbicida aplicado fosse removido da palha e atingisse a superfície do solo e já nas condições onde a chuva simulada foi de 7 mm, apenas 50% do produto foi translocado da palha para a superfície do solo.

Carbonari et al. (2016), ao estudarem a dinâmica do herbicida sulfentrazone em resíduos de cana-de-açúcar, constataram que uma precipitação de 20 mm logo após a aplicação do herbicida foi suficiente para promover a liberação máxima do herbicida independentemente da quantidade de resíduo vegetal empregada (5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹). Contudo, quando não realizada a precipitação imediatamente após a aplicação do herbicida, uma grande parte do herbicida pode ficar retida nos resíduos de cana, não conseguindo ser recuperada mesmo nas precipitações seguintes. Ainda, é observado uma recuperação do herbicida inversamente proporcional a quantidade de resíduo utilizada, ou seja, quanto maior a quantidade de resíduo, menor a recuperação de sulfentrazone da solução do solo.

É possível que a simulação pluviométrica periódica fornecida aos tratamentos, tenha colaborado para o transporte dos herbicidas que inicialmente estavam depositadas sobre a palha, para a solução do solo.

Para que seja efetivado o transporte do herbicida da palha para a superfície do solo, é fundamental a ocorrência de chuvas após a sua aplicação à fim de que seja alcançado um nível de controle adequado, sendo necessários pelo menos o volume de 20 mm de precipitação (Maciel e Velini, 2005). Em períodos onde há a necessidade de aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em canaviais sob condições climáticas onde o índice de pluviosidade é alto, fatores comportamentais intrínsecos à cada herbicida se fazem relevantes, dentre eles a capacidade de solubilidade do herbicida em água (S) e o coeficiente de distribuição octanol-água (K_{ow}). Estes fatores são antagônicos, pois quanto maior a solubilidade em água (S) do herbicida, menor tende a ser o K_{ow} e a sorção. Em contrapartida, quanto menor o K_{ow} maior o potencial de lixiviação do herbicida, o que pode resultar em menor efeito residual no solo (Christofolleti e Ovejero, 2009).

O adequado controle de *R. exaltata* pela aplicação da mistura sulfentrazone + diuron, independentemente da presença de palha e/ou aplicação de vinhaça, também pode ser atribuído a lixiviação do herbicida no perfil do solo e conseqüentemente para a zona de germinação das sementes da planta daninha. É conhecido que na mistura de herbicidas aplicada, há o ativo sulfentrazone que possui alta solubilidade em água e o diuron, com baixa solubilidade (PPDB, 2021). Logo, a lixiviação dos herbicidas ao longo do perfil do solo, possivelmente teve relação com as características de solubilidade em água dos herbicidas aplicados, uma vez que os tratamentos receberam irrigação adequada.

Barros et al. (2021) ao estudarem o comportamento de herbicidas pré-emergentes após diferentes regimes de irrigação, com ausência ou presença de cobertura vegetal morta no controle de *Digitaria insularis*, perceberam que a simulação de precipitação de 20 mm logo após a aplicação da mistura sulfentrazone + diuron, foi suficiente para proporcionar um controle satisfatório da planta daninha, em detrimento à lixiviação destes herbicidas que migraram da cobertura vegetal para o perfil do solo. Os autores justificam esse efeito devido a precipitação ser administrada imediatamente após a aplicação da mistura, ressaltando que através deste método houve um menor tempo de interação dos herbicidas com minerais de argila e matéria orgânica do solo e palha, e também um menor tempo para que ocorresse a adsorção do herbicida.

O manejo de controle utilizando herbicida diclosulam associado à aplicação de vinhaça para o controle de *R. exaltata* e *Ipomoea grandifolia* foi excelente. É sugestivo que a aplicação de vinhaça no tratamento proporcionou a redução do pH do solo, através da acidificação do mesmo e promoveu o favorecimento da comunidade de microrganismos, que são a principal forma de degradação do herbicida. Ainda, devido o pH do solo ser maior que o pKa do herbicida, mais herbicida na forma ionizada (dissociada) estava presente na solução do solo, atingindo assim a zona de sementes e plantas de *R. exaltata* e *Ipomoea grandifolia*.

A vinhaça pode acidificar o solo promover o incremento de um alto teor de matéria orgânica e sua incorporação no solo provoca aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) que conseqüentemente está relacionado ao aumento da quantidade de cargas negativas dos coloides do solo e doação de prótons, elevando a disponibilidade de carbono orgânico e alterando a saturação de cátions em solução principalmente os de potássio e cálcio, que são minerais com grande disponibilidade na vinhaça, além de aumentar com isso a soma de bases, o que pode afetar os mecanismos de dissociação dos herbicidas (Barros et al., 2010; Francisco et al., 2015; Matos et al., 2015).

A aplicação de vinhaça estimula a produção de óxido nitroso (N₂O) através da saturação dos poros do solo e do aumento de carbono lábil. A emissão de óxido nitroso é decorrente dos processos microbiológicos de nitrificação e desnitrificação. A nitrificação é onde ocorre a reação de oxidação do nitrogênio na forma de amônio para nitrato e é realizado por bactérias quimiotróficas aeróbias. Já a desnitrificação é a reação de redução biológica do N-nitrato, ou N-nitrito, para óxido nitroso, óxido nítrico ou nitrogênio simples. Esse processo ocorre simultaneamente ao processo de mineralização do N-orgânico no solo. A desnitrificação e a volatilização da amônia, são as mais importantes vias de perdas gasosas de nitrogênio no solo. Os principais fatores que interferem na emissão de óxido nitroso são: umidade, temperatura, presença de oxigênio, teores disponíveis de carbono orgânico e de nitrogênio e a relação C/N do solo (Lopes et al., 2017).

A aplicação de vinhaça no solo aumenta a adsorção, o teor de carbono orgânico e a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, favorecendo a degradação e lixiviação dos herbicidas, além de atuar como veículo para o arraste das moléculas herbicidas às camadas mais profundas do solo (Lourencetti et al., 2012). A mobilidade do herbicida ocasionada pela lixiviação, deve ser suficientemente profunda para atingir o

banco de sementes de plantas daninhas, onde ocorre a germinação-emergência, na faixa dos 5 cm superficiais do perfil do solo (Christofolleti e Ovejero, 2009).

Yin et al., (2019) ao estudarem os efeitos da aplicação de vinhaça a longo prazo nas propriedades físico-químicas e a diversidade microbiana do solo de canaviais, observaram que a irrigação com vinhaça, promoveu a acidificação do solo, além do aumento dos teores de matéria orgânica.

A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos no solo pode induzir a redução do pH devido à produção de CO₂ e de ácidos orgânicos liberados no processo de degradação, além da formação de ácidos orgânicos como de inorgânicos. O ácido mais abundante é o carbônico, que resulta da combinação do óxido carbônico com a água. Por se tratar de um ácido fraco, não exerce grande influência nos valores de pH do solo. Já os ácidos inorgânicos, como os ácidos sulfúrico e nítrico, são potentes supridores de íons de hidrogênio do solo. A acidez do solo é gerada com o contato dos ácidos com a solução de água do solo, dissociada à ânions e hidrogênio (Francisco et al., 2015).

Para Christoffoleti e Ovejero (2009), a biodegradação dos herbicidas por microrganismos é considerada o principal método de dissipação das moléculas herbicidas na solução do solo, sendo realizada por bactérias, fungos e clorófitas. A degradação da molécula herbicida pode ser parcial originando metabólitos, ou completa através da mineralização, liberando CO₂, H₂O e sais minerais. Faria et al., (2019) ao estudarem a aplicação de vinhaça e tebuthiuron em solos de cana-de-açúcar, observaram que a adição de vinhaça favoreceu a microbiota do solo, devido ao aporte de matéria orgânica incrementado, comprovando assim que a vinhaça beneficiou a comunidade de microrganismos do solo, que são responsáveis pela degradação dos herbicidas.

Os ácidos podem ser classificados como fortes e fracos, dependendo da capacidade de dissociação em meio aquoso. São considerados ácidos fortes aqueles que em solução, se dissociam completamente, já os ácidos fracos são aqueles que em solução, apresentam dissociação parcial, estabelecendo um equilíbrio químico entre as formas ionizadas e moleculares (não dissociada). A liberação de H⁺ pelos ácidos fracos é dependente da concentração de H⁺ presente na solução. Pois, à medida que a concentração de H⁺ em solução é reduzida, mais moléculas do ácido passam para a forma ionizada, liberando mais H⁺ para o meio. O solo apresenta comportamento semelhante aos ácidos fracos, em que somente parte da acidez fica dissociada na fase líquida, devido à retenção

de H^+ às partículas coloidais. Assim, à medida que a concentração de H^+ em solução diminui, há liberação de íons H^+ retidos nos colóides (Christofolleti e Ovejero, 2009).

O diclosulam é um herbicida do grupo químico triazolo pirimidina sulfonilidas, utilizado no controle de dicotiledôneas. É um ácido fraco, com valor de pKa 4, mobilidade e solubilidade baixa em água ($S = 6,32 \text{ mg L}^{-1}$ e $K_{ow} = 0,85$) (PPDB, 2021), e dependente do pH do solo. Este herbicida apresenta amplo espectro de controle como latifolicida, podendo também ser utilizado no controle crescimento de algumas gramíneas. O comportamento desse herbicida é fortemente influenciado pelos teores de umidade, argila e matéria orgânica do solo; sendo a principal forma de degradação do herbicida, realizada por microrganismos (Rodrigues & Almeida, 2018).

Matos et al. (2015) justificam que a maior concentração de tebuthiuron na solução do solo com aplicação da vinhaça encontrada em seus estudos, pode estar relacionada as quantidades de íons introduzidos ao solo com a incorporação da vinhaça. Com o aumento da retenção desses íons no solo, pode ser desencadeada a competição entre moléculas herbicidas para sítios de adsorção, sendo este processo potencializado em soluções ácidas devido a competição entre cátions e íons H^+ .

Lavorenti et al. (2003) ao estudarem o comportamento do herbicida diclosulam em solos com manejo de plantio direto e convencional, constataram que 119 dias após a aplicação do diclosulam ao solo, as taxas de dissipação foram de 73 e 62 % do herbicida nos solos cultivados sob ambos sistemas de manejo. Ainda em seus estudos, os autores puderam constatar que houve maior atividade microbiana no sistema de plantio direto, sendo relacionado este resultado com os maiores conteúdos de C orgânico e nutrientes desse sistema. Não obstante, este resultado corrobora com a maior taxa de degradação (mineralização + metabolização) do diclosulam que também ocorreu no sistema de plantio direto, sendo justificado devido a principal forma de transformação do diclosulam no solo ser realizada por microrganismos. Outro fator observado foi de que devido o diclosulam se comportar como um ácido fraco e o seu valor de pKa 4 e pH 5 do solo do sistema de plantio direto, há indicativos de que houve maior dissipação e disponibilidade do herbicida no solo. Os autores concluem que sistema plantio direto, acelerou a dissipação do diclosulam no solo, sendo a atividade microbiana um dos fatores que favoreceu a dissipação.

6. CONCLUSÕES

A aplicação de vinhaça não interferiu no controle de *R. exaltata* através do herbicida sulfentrazone + diuron, porém a presença de palha reduziu o controle desta planta daninha. O herbicida sulfentrazone + diuron proporcionou excelente controle de *Ipomoea grandifolia* independente do manejo empregado. A vinhaça proporcionou aumento do controle de controle *Rottboellia exaltata* e *Ipomoea grandifolia* quando aplicado o herbicida diclosulam.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT – **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasil. 2021

ALAM. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. Alam, 1ª ed. Bogotá, **Asociación Latinoamericana de Malezas**, 38p. 1974.

ALMEIDA, D. P.; FERREIRA M.; LEITE G. J.; VELLOSO C. P.; SANTOS R. T. S. Volumes de calda, uso de adjuvante e intervalos sem chuva no controle de plantas-daninhas com sulfentrazone. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2017.

AQUINO, G. S.; MEDINA C. C.; JÚNIOR A. L. P.; SANTOS O. L. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1150-1159, 2015.

ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GOMES, G. L. G. C.; TROPALDI, L.; CARBONARI, C. A. Performance of herbicides in sugarcane straw. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2106-2112, 2015.

AZANIA, C. A. M.; HIRATA, A. C. S.; AZANIA, A. A. P. M. Boletim Técnico: Biologia e manejo químico de corda-de-viola em cana-de-açúcar. IAC, 2011 (Boletim Técnico IAC 209).

AZANIA, C.A.M.; AZANIA, A.A.P.M.; PIZZO, I.V.; SCHIAVETTO, A.R.; ZERA, F.S.; MARCARI, M.A.; SANTOS, J. L. Manejo químico de Concolculaceae e Euphorbiaceae em cana-de-açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 841-848, 2009.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. AGROSTAT – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: **Departamento de Ciências Exatas**, 2010

BARROS, D. M.; SILVA, P. V. MEURER H. L.; MEURER L. S. S.; DOMINGOS E. R.; DIAS R. C.; INACIO E. M. MONQUERO P. A. Regime hídrico e palha influenciam na eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de Capim-amargoso? Controle de capim amargoso através de herbicidas pré-emergentes. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 194-201, 2021.

BEBÉ, F.V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de avaliação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v. 13, n.6, p. 781-787, 2009.

BELAPART, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar na emergência de plantas daninhas**. 2020. 67 f. Tese de doutorado (Agricultura). Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP.

- BRUSAMARELLO, A. P. TREZZI M. M. OLIVEIRA P. H. FINATTO T. **Tolerância de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) aos herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase.** 2019. 182 f. Tese de Doutorado (Produção Vegetal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.
- BUNHOLA, T. M.; SEGATO, S. V. Avaliação preliminar de novo herbicida aplicado em pré-emergência em cana-planta. **Nucleus**, v. 14, n. 1, p. 247-266, 2017.
- BYRT, C.S.; GROF, C.P.L.; FURBANK, R.T. C4 Plants as biofuel feedstocks: optimising biomass production and feedstock quality from a lignocellulosic perspective. **Journal of Integrative Plant Biology**. v.53: p. 120–135. 2011.
- CANTARELLA, H. NITROGÊNIO. IN: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.7, p.375- 470.
- CARBONARI, C. A., GOMES, G. L. G. C., TRINDADE, M. L. B., SILVA, J. R. M., & VELINI, E. D. Dynamics of Sulfentrazone Applied to Sugarcane Crop Residues. **Weed Science**, 64(01), p. 201–206. 2016
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; CORREA, M. R.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 657-664, 2008.
- CAVALETT, T. L.; JUNQUEIRA, M. O. S.; DIAS, M. O. S.; JESUS, C. D. F.; MANTELATTO, P. E.; CUNHA, M. P.; FRANCO, H. C. J.; CARDOSO, T. F.; MACIEL FILHO, R.; ROSSELL, C. E. V.; BONOMI, A. Environmental and economic assessment of sugarcane first generation biorefineries in Brazil. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.14, n.3, p.399- 410, 2012.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola.** São Paulo. 12p. 2006.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L.; DAMIN, V.; CARVALHO, S. J. P. de; NICOLAI, M. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba. 2008. 85 p.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba, v. 2, p. 72, 2009.
- COBB, A. H.; READE J. P. H. *Herbicides and Plant Physiology*, 3 ed. **London: Wiley**, 2010. 280 p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Brasil. 2011, 2018, 2020, 2021.
- CORREIA, N.M. Chemical Control of Morning Glory Species in Sugarcane Harvested in the Dry and Semi-Wet Seasons¹. **Planta daninha**. Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 333-343, 2016

- CORREIA, N. M.; GOMES, L. P.; PERUSSI, F. J. Emergence of *Rottboellia exaltata* influenced by sowing depth, amount of sugarcane straw on the soil surface, and residual herbicide use. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 145-152, 2013.
- CORREIA, N. M.; GOMES, L. J. P. Seed bank and control of *Rottboellia exaltata* using clomazone alone and in combination with other herbicides. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 538-544, 2014.
- CORREIA, N. M. Biologia e manejo de *Rottboellia cochinchinensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 89-96, 2016b.
- COSTA, M. V.; FONTES C. H.; CARVALHO G. JÚNIOR E. C. M. UltraBrix: A Device for Measuring the Soluble Solids Content in Sugarcane. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1227, 2021.
- DA SILVA, A. P. M; BONO, JOSÉ A. M; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 38-43, 2014.
- DA SILVA, P. V. **Comportamento ambiental e bioatividade sobre plantas daninhas de herbicidas residuais aplicados sobre a palha de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas do solo**. 2018a. Tese de Doutorado (Fitotecnia). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- DE SOUSA, B. T.; DOMINGUES A. R.; BALOTTAG. A. P.; ANDRADE D. F. M.; DALAZEN G. Controle de plantas daninhas e seletividade de sulfentrazone+ diuron em cana-de-açúcar (cultivar RB 966928). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 4, p. 691-1-8), 2020.
- DEFANTE, L. R.; VILPOUX, O.; SAUER, L. Evolução da produção de cana-de-açúcar no estado de Mato Grosso do Sul. **Informe Gepec**, v. 22, n. 1, p. 150-169, 2018.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil. 2018
- FARIA M. A.; LOPES P. R. M., BIDOIA E. D.; FERREIRA L.C. VIANA R. S. PRADO E. P.; BONINI C. S. B. & TOMAZ R. S. Vinasse and tebuthiuron application to sugarcane soil and its effects on. **International Journal of Development Research** Volume: 09. 7p. 2019.
- FIALHO, M. L.; CARNEIRO, A. P. C.; REIS, K. P.; CAMPOS, O. N. DE; FRANCO, M. V. O impacto da vinhaça produzida pela cana-de-açúcar na produção de etanol– poluição ambiental. **Revista Intr@ciencia**. Ed. 17. 2019. 14 p.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, É.; FLUMIGNAN, D. L. O clima da região de Dourados, MS. 3. ed. rev. e atual. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2017. 34 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 138).
- FIETZ, C. R.; FLUMIGNAN, D. L.; COMUNELLO, E. Março de 2021 teve chuvas mal distribuídas e temperaturas altas na Região da Grande Dourados e Ivinhema. **Embrapa Agropecuária Oeste**-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2021.

- FRANCISCO, J. P., FOLEGATTI, M. V., BATISTA DA SILVA, L. D., & SILVA, J. G. B. monitoramento da condutividade elétrica e pH da solução do solo sob diferentes doses de aplicação de vinhaça. **Revista Engenharia Na Agricultura**. v.23, n.6, p.552-561, 2015
- FUESS, L. T.; GARCIA, M. L.; ZAIATA, M. Seasonal characterization of sugarcane vinasse: Assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. **Science of The Total Environment**, v.634, p.29-40, 2018
- GOMES, F.G. J.; CHRISTOFFOLET, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha** 26(4): 789-798. 2008
- GRICHAR, W. J., BESLER, B. A., & DOTRAY, P. A. Weed control and peanut (*Arachis hypogaea*) response to sulfentrazone. **Crop Protection**, 25(8), p.753–757. 2006.
- HEAP – International Herbicide-Resistant Weed DataBase. 2021
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020.
- JERÔNIMO, A. V. SILVA, R. P. da.; SCHENDENFFELDT, B. F.; HIRATA, A. C. S.; MONQUERO, P. A. Effect of Sugar and Alcohol Industry Byproducts on Pre-Emergence Herbicide Efficacy. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-10, 2019.
- LABONIA, V.D.S; CARVALHO S.J.P; MONDO V.H.V; CHIOVATO M.G.; VICTORIA FILHO R. Emergência de plantas da família Convolvulaceae influenciada pela profundidade da semente no solo e cobertura com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**. 2009, v. 27, p. 921-929.
- LAVORENTI, A.; ROCHA A. A., PRATA F.; REGITANO J. B.; TORNISIELO V. L. & PINTO O. B. Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, p. 183-190, 2003.
- LIMA SIQUEIRA de, P. H., MENDONÇA, F. M. de, DINIZ, D. M.; SANTOS, D. G. dos. (2019, Junho). **As patentes no INPI e no EPO dos subprodutos palha e bagaço de cana-de-açúcar para cogeração de energia**. In.: V ENPI-Encontro Nacional de Propriedade Intelectual.
- LIMA, A. P. da S.; MELO, J. I. M. de. *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) na mesorregião agreste do Estado da Paraíba, Nordeste brasileiro. *Hoehnea*, São Paulo, v.46, n. 1. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:183-190, 2003. 2019.
- LOPES, I. M.; PINHEIRO, E. F. M.; LIMA, E.; CEDDIA, M. B.; CAMPOS, D. V. B, ALVES, B. J. R. Emissões de N₂O em Solos sob Cultivo de Cana-de-Açúcar no bioma Mata Atlântica: Efeito dos Sistemas de Colheita e da Adubação com Vinhaça. **Revista Virtual de Química**, 2017.
- LOURENCETTI, C.; MARCHI, M. R. R; RIBEIRO, M. L. Influence of sugar cane vinasse on the sorption and degradation of herbicides in soil under controlled conditions. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 47, n. 10, p. 949-958, 2012.

- MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, vol. 23, n. 3, p. 471-481. 2005
- MATOS, A. K. A.; CARBONARIE A.; VELINI D.; GOMES G.L.G.C.; TRINDADE, M.L.B.; MACEDO G.C. Vinasse effect on herbicides clomazone and tebuthiuron availability in different kinds of soils. **Planta Daninha**, v. 33, p. 771-778, 2015.
- MATOS, A. K. A.; CARBONARI, C. A.; COTRICK, G. L. G. Dynamics of preemergent herbicides in production systems with straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 1, p. 97-106, 2016.
- MENEZES, V. M. M. **Dinâmica de resíduos sucroalcooleiros usados como biofertilizantes**. São Cristóvão, Sergipe. 2019. 30 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe. 2019.
- MONQUERO, P. A.; SILVA V.; SILVA HIRATA A. C.; TABLAS D.C. ORZARI I. LIXIVIAÇÃO e persistência dos herbicidas sulfentrazone e imazapic. **Planta daninha**, v. 28, p. 185-195, 2010.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.R.; BRUNHARA J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, 27: 85-95. 2009
- MONQUERO, P. A.; HIJANO N.; ORZARI I.; SABBAG R. S.; HIRATA A. C. S. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2799-2812, 2012.
- MUNDT, T. T. **Dinâmica e eficácia do herbicida dicamba quando aplicado no sistema solo e palha**. 2021. 88f. Dissertação de mestrado (Agricultura). UNESP. Botucatu – SP.
- NASPOLINI, B. F.; MACHADO, A. C. O.; CRAVO JR, W. B.; FREIRE, D. M. G.; CHRISTE, M. Bioconversion of Sugarcane Vinasse into High-Added Value Products and Energy. **BioMed Research International**, v.2017, p.1-11, 2017.
- OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismos de Ação de Herbicidas. In: OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba – PR: **Omnipax**, 2011.
- OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. 22ª ed. Curitiba: **Omnipax** Editora Ltda, 2011, p. 263-304.
- OLIVEIRA, A. R.; FREITAS S. P. Palha de cana-de-açúcar associada ao herbicida trifloxysulfuron sodium + ametryn no controle de *Rottboellia exaltata*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 187-194, 2009.
- OLIVEIRA, L. A. R.; MACHADO, C. A.; CARDOSO, M. N.; OLIVEIRA, A. C. A.; AMARAL, A. L.; RABBANI, A.R.C.; SILVA, A.V.C.; LEDO, A.S. Genetic diversity

of *Saccharum* complex using ISSR markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

OLIVEIRA, A. R.; SIMÕES, W. L. Manejo e produção de palhada da cana-de-açúcar em um sistema irrigado por gotejamento subsuperficial para geração de bioetanol. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 4, p. 516-530, 2020.

PACHECO, L. C. P. da. S. **Atividade de herbicidas pré-emergentes em solos do cerrado, na presença e ausência de resíduos orgânicos**. 2017. 102 f. Doutorado em Agronomia (Solo e Água). Universidade Federal de Goiás. Goiânia-GO.

PAGNONCELLI, F. DE B.; TREZZI M. M.; BRUM B.; VIDAL R. A.; PORTES A. F.; E. L.; MACHADO A. Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. **Bragantia**, Campinas- SP, v. 76, n. 4, p. 470-479. 2017.

PENATTI, C.P. A hora e a vez da vinhaça localizada concentrada e/ou *in natura*. **STAB**. Vol.38, nº1. 2019

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, v.61, n.1, p.317-347, 2010.

PPDB – Pesticide Properties Database. 2021

PRADO, R. D. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, v.2013, p.8, 2013.

PRADO, E. A. F.; VITORINO, A. C. T.; MAUAD, M.; ENSINAS, S. C.; PAIM, L. R. Características tecnológicas da cana-de-açúcar sob aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista de ciências agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 386-395, 2017.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 7. Ed. Londrina: **IAPAR**, 2018. 763 p.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M. A.; HALL, L.; BECKIE, H.; WOLF, T. M.; **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160p

SANOMIA, U. E.; CORTEZ W. J.; PUSH M.; MAUAD M. & ARCOVERDE S. N. S. Qualidade do porte e corte mecanizado da cultura de cana-de-açúcar. **Agrarian**, v. 11, n. 40, p. 168-173, 2018.

SANTOS, I. T. dos. **Método para estudar a dinâmica de herbicidas em palha**. 2019. 71f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Agricultura) Universidade Estadual Paulista. Botucatu-SP.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO; FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SEIXAS, L.; GIMENES, L.; FERNANDES, N. R. C. Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v.39, n.2, p.172-179, 2016.

SHIKIDA, P. F. A. Expansão canavieira no Centro-Oeste. **Safra recorde e grandes mudanças no Plano Agrícola e Pecuário para a safra 2013–2014**, p. 122, 2013.

SILVA, I. A. B.; KUVA, M. A.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana soca. **Planta Daninha** 27:265-272. 2009.

SILVA, D. F. DOS S. E S.; BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. C. Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. **Journal of Cleaner Production** 218, p. 871 – 879, 2019a.

SILVA, G. B. F.; AZANIA, C.A.M.; NOVO, M.C.S.S.; WUTKE, E.B.; ZERA, F.S.; AZANIA, A.A.P.M. Tolerância de espécies de mucuna a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 30, n. 3, p. 589-597. 2012.

SILVA, G. S. da. **Seletividade em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar e lixiviação do diuron, hexazinone e aminocyclopyrachlor isolados e associados**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP.

SILVA, P. V. da.; ALVES, R. B.; MALARDO, M. R.; DUARTE, P. H. N.; RIBEIRO, N. M.; CARVALHO DIAS, R. de.; MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeito da palha de cana-de-açúcar e da precipitação na eficácia de indaziflam. **Revista de Ciências Agrárias**. 2019b.

SILVA,G.S.P.L.da.;SILVA,F.C.da.;ALVES,B.J.R.;TOMAZ,E.;BERTON,R.S.;MARCHIORI,L.F.S.;SILVEIRA, F. G. da. Efeitos da aplicação de vinhaça" in natura" ou concentrada associado ao N-fertilizante em soqueira de cana-de-açúcar e no ambiente. **Embrapa Informática Agropecuária**. Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019c.

SOARES, M. B. B.; FINOTO, E. L.; BOLONHEZI, D.; CARREGA, W. C.; ALBUQUERQUE, J. A.A. PIROTTA, M. Z. Fitossociologia de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo em áreas de reforma de cana crua. **Agroambiente**, v. 5, n. 3, p. 173-181, 2011.

SOTO, M. A.; BASSO, J. B.; KIANG, C. H. Impacto da Fertirrigação da Cana-De-Açúcar por Vinhaça nas Propriedades Físicas, Químicas e Hidráulicas do Solo. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**, p. 103, 2017.

VIEIRA E. S. PERIN L. SILVA T. L. **Influência da aplicação de vinhaça sobre os atributos químicos e físicos do solo na cultura da cana-de-açúcar**. 2020. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Tecnólogo em Agroecologia) - Instituto Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

YIN, J.; BING D. C.; XIAOFEI W.; GANLIN C.; MIHUCZ, V. G. ; GUIPING X.; QUCHENG D. Effects of long-term application of vinasse on physicochemical

properties, heavy metals content and microbial diversity in sugarcane field soil. **Sugar Tech**, v. 21, n. 1, p. 62-70, 2019.

ZACHARIAS, W. L. F. T.; PIERRO P. H. C. P.; OLIVEIRA G. M. P.; BOVO R. F.; ZARELLI L. G.; DALAZEN G. Weed control and soybean agronomic performance in response to the application of sulfentrazone+ diuron in pre-emergence. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2021. p. 70-82.

ZHANG, J., ZHANG, X., TANG, H., ZHANG, Q., HUA, X., MA, X. Bowers, J. Allele-defined genome of the autoploid sugarcane *Saccharum spontaneum* L. **Nature Genetics**. 2018.