

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

Dinâmica das reservas das sementes de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Ricinus communis* L. em diferentes profundidades de semeadura e controle e lixiviação de diferentes formulações de amicarbazone e sulfentrazone

Luís Rodolfo Rodrigues

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

**Piracicaba
2022**

Luís Rodolfo Rodrigues
Engenheiro Agrônomo

**Dinâmica das reservas das sementes de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland
e *Ricinus communis* L. em diferentes profundidades de semeadura e controle e
lixiviação de diferentes formulações de amicarbazone e sulfentrazone**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

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

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

Piracicaba
2022

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

Rodrigues, Luís Rodolfo

Dinâmica das reservas das sementes de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Ricinus communis* L. em diferentes profundidades de semeadura e controle e lixiviação de diferentes formulações de amicarbazone e sulfentrazone./Luís Rodolfo Rodrigues - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2022.

70 p.

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

1. Cana-de-açúcar 2. Palha 3. Fotossistema II 4. Protóx I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Luiz Natal Rodrigues e Marina D'antonio Rodrigues, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir que tenha uma vida repleta de pessoas maravilhosas ao meu lado que me apoiaram diariamente em toda jornada até aqui construída.

À minha família, meus pais Luiz Natal Rodrigues e Marina D'antonio Rodrigues que sempre me apoiaram durante o período de graduação e me incentivaram na busca pelo crescimento pessoal e intelectual.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP) e aos professores, técnicos e funcionários que me auxiliaram durante a pós-graduação, na execução deste trabalho.

Aos amigos, Beatriz Ribeiro da Cunha, Fernando Poltronieri, André Luis Ribeiro de Paiva, Paulo José Ferreira, Matheus Barros Oliva.

Aos membros do grupo de pesquisa e extensão PRO-HORT pelo apoio nas atividades correspondentes a este trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Victoria Filho, pelas orientações e ensinamentos passados.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. DINÂMICA DAS RESERVAS DAS SEMENTES DE MUCUNA PRETA E MAMONA EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA.....	10
RESUMO	10
ABSTRACT	10
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	13
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
1.4 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28
2. CONTROLE DE MUCUNA PRETA E MAMONA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SEMEADURA POR FORMULAÇÕES DE AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE	31
RESUMO	31
ABSTRACT	31
2.1 INTRODUÇÃO	32
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
2.4 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	48
3. LIXIVIAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE NO CONTROLE DE MUCUNA PRETA E MAMONA.....	52
RESUMO	52
ABSTRACT	52
3.1 INTRODUÇÃO	53
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
3.4 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	68

RESUMO

Dinâmica das reservas das sementes de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Ricinus communis* L. em diferentes profundidades de semeadura e controle e lixiviação de diferentes formulações de amicarbazone e sulfentrazone

A cultura da cana-de-açúcar possui grande importância para o mercado agrícola brasileiro, e sua produtividade pode ser muito afetada com a presença de determinadas plantas daninhas. As espécies *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* possuem a característica de emergir até 20 cm de profundidade e superar uma espessa camada de palha devido a sua quantidade de material de reserva presente nas sementes, e esta dinâmica pode afetar o efeito de controle de vários herbicidas. Os herbicidas registrados e utilizados para controlar essas espécies possuem diferentes marcas comerciais e formulações. Os herbicidas mais utilizados para o controle da *M. aterrima* e *R. communis* são os que possuem como o ingrediente ativo amicarbazone ou sulfentrazone. Estes herbicidas e suas diferentes marcas comerciais e formulações tem seu efeito de controle sobre estas espécies afetado pela adsorção na palhada e pela lixiviação no perfil do solo. Assim, objetivou-se estudar a dinâmica das reservas das sementes das plantas *M. aterrima* e *R. communis* em diferentes profundidades de semeadura, e o controle em profundidades de semeadura por diferentes marcas comerciais e formulações dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone, e a lixiviação destes produtos. Foram conduzidos três ensaios para cada espécie. O primeiro ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos de 3 profundidades de semeadura 1, 10 e 20 cm com presença de palha de cana-de-açúcar sobre o vaso, simulando a quantidade de 10t ha⁻¹, e repetidos sem a presença da palhada. O segundo ensaio foi implementado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x5 com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos de 5 profundidades de semeadura: 1, 5, 10, 15 e 20 cm, e 4 herbicidas sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g.i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação. O terceiro ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial 4x5 com 6 repetições. Os tratamentos foram compostos de 4 intervalos de profundidades: 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm e 4 herbicidas sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹) mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas. No primeiro ensaio para as duas espécies o aumento da profundidade de semeadura aumentou o comprimento total das plântulas, a quantidade de matéria seca, a redução das reservas das sementes, a taxa de redução das reservas das sementes, a taxa de mobilização das reservas para as plântulas, o gasto de energia e diminuiu a matéria seca dos materiais de reserva. Para as espécies *M. aterrima* e *R. communis* a presença da palha de cana-de-açúcar aumentou o comprimento da parte aérea, o comprimento das plântulas, a matéria seca das partes aéreas, a taxa de redução das reservas das sementes e diminuiu a matéria seca dos materiais de reserva, e na espécie *M. aterrima* a taxa de mobilização das reservas para as plântulas aumentou com a presença da palha. No segundo ensaio os herbicidas a base de amicarbazone e sulfentrazone apresentaram excelente controle sobre as duas espécies. Os herbicidas a base de amicarbazone na espécie *M. aterrima* apresentaram menor controle na profundidade de 20 cm em relação aos herbicidas a base de sulfentrazone. As formulações com o mesmo ingrediente ativo não diferiram entre si em relação ao controle de ambas espécies. No terceiro ensaio os herbicidas a base de sulfentrazone lixiviaram suficientemente da palha da cana-de-açúcar até 5 cm de profundidade, apresentando um bom controle para a espécie *M. aterrima* e um excelente

controle para a espécie *R. communis*. Os herbicidas a base de amicarbazone não lixiviaram suficientemente da palha da cana-de-açúcar, para controlar de forma satisfatória ambas espécies nas profundidades avaliadas. A matéria seca da espécie *R. communis* foi reduzida por todos herbicidas até 10 cm de profundidade. A matéria seca da espécie *M. aterrima* foi reduzida até 10 cm pelos herbicidas a base de amicarbazone e até 5 cm pelos herbicidas a base de sulfentrazone. Nas condições testadas, não houve diferença de controle entre as formulações do mesmo ingrediente ativo em nenhuma profundidade avaliada em ambas as espécies.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., Mucuna preta, Mamona, Palha, Material de reserva, Inibidor de fotossistema II, Inibidor de protox, Mobilidade

ABSTRACT

Dynamics of seed reserves of *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland and *Ricinus communis* L. at different sowing depths and control and leaching of different amicarbazone and sulfentrazone formulations

The sugarcane crop is of great importance to the Brazilian agricultural market, and its productivity can be greatly affected by the presence of certain weeds. The species *Mucuna aterrima* and *Ricinus communis* have the characteristic of emerging up to 20 cm deep and overcoming a thick layer of straw due to the amount of reserve material present in the seeds, and this dynamic can affect the control effect of several herbicides. Herbicides registered and used to control these species have different trademarks and formulations. The most used herbicides to control *M. aterrima* and *R. communis* are those that have amicarbazone or sulfentrazone as the active ingredient. These herbicides and their different commercial brands and formulations have their control effect on these species affected by adsorption on straw and by leaching in the soil profile. Thus, the objective was to study the dynamics of seed reserves of *M. aterrima* and *R. communis* plants at different sowing depths, and the control at sowing depths by different commercial brands and formulations of the herbicides amicarbazone and sulfentrazone, and their leaching products. Three trials were conducted for each species. The first trial was carried out in a completely randomized design in a 3x2 factorial scheme with 4 replications. The treatments consisted of 3 sowing depths 1, 10 and 20 cm with the presence of sugarcane straw under the pot, simulating the amount of 10t ha⁻¹, and repeated without the presence of straw. The second trial was implemented in a completely randomized design in a 5x5 factorial scheme with 4 replications. The treatments consisted of 5 sowing depths: 1, 5, 10, 15 and 20 cm, and 4 herbicides, two of which with the active ingredient based on sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ and Ponteirobr® 500 SC ; 800 g i.a ha⁻¹) and the other two herbicides based on the active ingredient amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ and Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), plus a control without application. The third trial was carried out in a completely randomized design and in a 4x5 factorial scheme with 6 replications. The treatments consisted of 4 depth intervals: 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 cm and 4 herbicides, two of which with the active ingredient based on sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ and Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) and the other two herbicides based on the active ingredient amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ and Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹) plus a control without application. In the first trial for species *M. aterrima* e *R. communis*, the increase in sowing depth increased the total length of the seedlings, the amount of dry matter, the reduction of seed reserves, the rate of reduction of seed reserves, the rate of mobilization of reserves for the plants. seedlings, energy expenditure and decreased dry matter of. For both species, the presence of sugarcane straw increased shoot length, total seedling length reserve materials, shoot dry matter, seed reserve reduction rate and decreased reserve materials dry matter, and in the species *M. aterrima*, the rate of mobilization from reserves to seedlings increased with the presence of straw. In the second trial, the herbicides based on amicarbazone and sulfentrazone showed excellent control over both species. Amicarbazone-based herbicides in *M. aterrima* species showed less control at a depth of 20 cm compared to sulfentrazone-based herbicides. The formulations with the same active ingredient did not differ in relation to the control of both species. In the third trial, the sulfentrazone-based herbicides leached sufficiently from the sugarcane straw to a depth of 5 cm, showing a good control for the species *M. aterrima* and an excellent control for the species *R. communis*. The amicarbazone-based herbicides did not leach sufficiently from the sugarcane straw to satisfactorily control both species at the depths evaluated. The dry matter of the species *R. communis* was reduced by all herbicides up to 10 cm in depth. The dry matter of the *M. aterrima* species was reduced up to 10 cm by the

amicarbazone-based herbicides and up to 5 cm by the sulfentrazone-based herbicides. Under the conditions tested, there was no difference in control between the formulations of the same active ingredient at any depth evaluated in both species.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., Velvet bean, Castor bean, Straw, Reserve material, Photosystem II inhibitor, Protox inhibitor, Mobility

1. DINÂMICA DAS RESERVAS DAS SEMENTES DE MUCUNA PRETA E MAMONA EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE SEMEADURA

RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar possui grande importância para o mercado agrícola brasileiro, e sua produtividade pode ser muito afetada com a presença de determinadas plantas daninhas. A colheita da cana-de-açúcar sofreu grandes mudanças nas últimas décadas, devido a pressões sociais e leis para reduzir e eliminar a prática da queima para colheita da cana crua. A diminuição das queimadas da palha da cana-de-açúcar e o acúmulo da palhada no solo selecionou algumas espécies de plantas daninhas, alterando o ambiente e a sua comunidade. Dentre as plantas daninhas de difícil controle que foram selecionadas, se destacam as espécies *M. aterrima* e *R. communis*, essas plantas possuem a característica de emergir até 20 cm de profundidade e superar uma espessa camada de palha devido a sua quantidade de material de reserva presente nas sementes. Essa característica é um fator limitante que dificulta o controle dessas espécies. A profundidade da semente no solo pode afetar a dinâmica das reservas, influenciando as características físicas e fisiológicas da planta e até mesmo do controle dessas espécies. Assim, objetivou-se estudar a dinâmica das reservas das sementes das plantas *M. aterrima* e *R. communis* em diferentes profundidades de semeadura e quantidades de palha. Foram conduzidos dois ensaios, um para cada espécie possuindo os mesmos tratamentos. O delineamento foi realizado inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos de 3 profundidades de semeadura 1, 10 e 20 cm com presença de palha de cana-de-açúcar sob o vaso, simulando a quantidade de 10t ha⁻¹, e repetidos sem a presença da palhada. Após o início da emergência, 10 plântulas por repetição foram coletadas para medições de suas estruturas e pesagem. Após obtido os valores da pesagem, foram aplicadas formulas para obter as seguintes variáveis: redução das reservas das sementes (RRS); eficiência da conversão das reservas das sementes (CRS); taxa de redução das reservas das sementes (TRRS); taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRS); e gasto de energia (GE). Para espécies *M. aterrima* e *R. communis*, o aumento da profundidade de semeadura aumentou o comprimento das partes aéreas, o comprimento das plântulas, a quantidade de matéria seca, a redução das reservas das sementes, a taxa de redução das reservas das sementes, a taxa de mobilização das reservas para as plântulas, o gasto de energia e diminuiu a matéria seca dos materiais de reserva. Para as duas espécies a presença da palha de cana-de-açúcar aumentou o comprimento da parte aérea, o comprimento total das plântulas, a matéria seca das partes aéreas, a taxa de redução das reservas das sementes e diminuiu a matéria seca dos materiais de reserva, e na espécie *M. aterrima* a taxa de mobilização das reservas para as plântulas aumentou com a presença da palha.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., Mucuna preta, Mamona, Palha, Germinação, Sementes, Material de reserva

ABSTRACT

Sugarcane cultivation is of great importance to the Brazilian agricultural market and its productivity can be greatly affected by the presence of certain weeds. Sugarcane harvesting has undergone major changes in recent decades, due to social pressures and laws to reduce and eliminate the practice of burning to harvest raw sugarcane. The decrease in sugarcane straw burning and the accumulation of straw in the soil selected some weed species, changing

the environment and its community. Among the difficult-to-control weeds that were selected, the *M. aterrima* and *R. communis* stand out. These plants have the characteristic of emerging up to 20 cm deep and overcoming a thick layer of straw due to the amount of reserve material present in the seeds. This characteristic is a limiting factor that makes it difficult to control these species. The seed depth in the soil can affect the dynamics of reserves, influencing the physical and physiological characteristics of the plant and even the control of these species. Thus, the aim was to study the dynamics of seed reserves of *M. aterrima* and *R. communis* plants at different sowing depths and quantities of straw. Two trials were conducted, one for each species having the same treatments, the design was carried out completely randomized in a 3x2 factorial scheme with 4 replications. The treatments consisted of 3 sowing depths one, 10 and 20 cm with the presence of sugarcane straw under the pot, simulating the amount of 10t ha⁻¹, and repeated without the presence of straw. After emergence, 10 seedlings per repetition were collected for measurements of their structures and weighing. After the weighing, values were obtained, formulas were applied to obtain the following variables: seed reserve reduction (RSR), seed reserve conversion efficiency (CESR), seed reserve reduction rate (SRRR), seed mobilization rate reserves for seedlings (RMRS) and energy expenditure (EE). For *M. aterrima* and *R. communis* species, the increase in sowing depth increased the length of the aerial parts, the length of the seedlings, the amount of dry matter, the reduction of seed reserves, the rate of reduction of seed reserves, the rate of mobilization of the reserves for the seedlings, the energy expenditure and decreased reserve materials dry matter. For both species, the presence of sugarcane straw increased shoot length, total seedling length, shoot dry matter, seed reserve reduction rate and decreased reserve materials dry matter, and in the species *M. aterrima*, the rate of mobilization from reserves to seedlings increased with the presence of straw.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., Velvet bean, Castor bean, Straw, Germination, Seeds, Reserve material

1.1 Introdução

A cultura da cana-de-açúcar possui grande importância para o mercado agrícola brasileiro, sendo a terceira cultura mais importante, com área aproximada de nove milhões de hectares, ficando atrás apenas de milho e soja, levando em consideração sua área de cultivo e produção. Na safra de 2018/2019 foram produzidas 29,04 milhões de toneladas de açúcar, 33,14 bilhões de litros de etanol e 620,44 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (VOLTOLINI, 2012; CONAB, 2018).

A colheita da cana-de-açúcar sofreu grandes mudanças nas últimas décadas, devido a pressões sociais e leis para reduzir e eliminar a prática da queima para colheita da cana crua (PIZA, 2014). Na colheita mecanizada crua da cana-de-açúcar, não ocorre a queima das folhas bainhas e ponteiros, sendo lançados pelos extratores das colhedoras no solo gerando uma camada de palha que pode alcançar até 20 toneladas por hectare (SOUZA et al., 2005). A camada de palha disposta sobre o solo atua como uma barreira física a germinação de

sementes de plantas daninhas, e bloqueia a passagem de luz e altera a temperatura e a umidade do solo (GAZZIERO, 1990). Com a diminuição das queimadas da palha da cana-de-açúcar e o acúmulo da palhada, espécies de plantas daninhas foram selecionadas, alterando o ambiente e a sua comunidade (AZANIA et al., 2008).

As plantas daninhas estão presentes no agrossistema da cana-de-açúcar e possuem grande relevância devido ao poder de competição por água, luz e nutrientes, liberando substâncias alelopáticas, podendo ser hospedeiras de pragas e doenças, causando prejuízos na produtividade e dificultando a colheita (PITELLI, 1985). Assim, a longevidade do canavial em área comercial pode ser reduzida devido a infestação de plantas daninhas (LORENZI, 1988).

Segundo Deuber (1992), no sistema da cana-de-açúcar, a composição do banco de sementes de plantas daninhas são originadas de plantas que estavam presentes no cultivo da cana e em cultivos de culturas anteriores. Esse fato ocorre devido à característica de elevada produção de sementes pelas plantas daninhas e de algumas espécies apresentarem elevada longevidade em campo (BURNSIDE et al., 1986).

A mucuna preta (*Mucuna aterrima*) foi muito empregada no sistema de cana-de-açúcar devido a sua capacidade de fixar até 215kg de nitrogênio por hectare (MASCARENHAS et al., 1994). Porém, seu manejo inadequado fez com que aumentasse o banco de sementes nas áreas de cultivo, e devido a alta quantidade de reserva presente nas sementes e a sua capacidade de dormência, levando a uma alta longevidade em campo, esta espécie foi selecionada, mesmo com a presença de palha na área, tornando-se uma planta daninha de difícil controle (SILVA et al., 2012; CORREIA, 2011).

A cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) é cultivada no Brasil com principal destino a produção do biodiesel, mas tem ocorrência em canaviais, se tornando uma importante planta daninha e prejudicando o cultivo da cultura da cana-de-açúcar (OLIVARES et al., 2013). Como a mucuna, a mamoneira pode vir a emergir até 20 cm de profundidade e superar uma espessa camada de palha (OLIVEIRA et al., 2018; SILVA et al., 2015). Possuem desenvolvimento acelerado, com elevada competição por nutrientes com a cultura e, quando adulta, prejudica a colheita mecanizada devido à forte lignificação do caule (RAMIA et al., 2009).

As plantas *M. aterrima* e *R. communis* apresentam difícil controle nas áreas de cana-de-açúcar devido a sua capacidade de emergir em profundidades em virtude da sua

quantidade de material de reserva presente nas sementes (CORREIA & KRONKA JUNIOR, 2010). As reservas contidas nas sementes são reduzidas para formar novos tecidos, e a redução e utilização são parâmetros importantes para se determinar e quantificar (SOLTANI et al., 2006; CHENG et al., 2015).

As plantas pertencentes ao grupo das angiospermas possuem forte adaptação ao meio, e uma dessas adaptações está no acúmulo de reserva em suas sementes. Esse material de reserva é mobilizado durante a germinação para a produção das plântulas, gerando energia e também produção de matéria prima (proteínas, ácidos nucléicos, carboidratos e lipídeos) para a construção de novos tecidos e células (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

A qualidade da plântula bem como seu crescimento de raízes, folhas e demais estruturas estão ligadas ao vigor da semente, e este relacionado com o teor de amido, proteínas solúveis e açúcares, gerando uma maior capacidade da mobilização de suas reservas durante a germinação e emergência (HENNING et al., 2010). Soltani et al. (2006) concluíram que o crescimento de plântula poderia ser correlacionado e medido pelo peso das reservas mobilizadas das sementes e sua eficiência de converter essas reservas em tecidos vegetais. Um estudo realizado por Pereira et al. (2015) sobre a dinâmica do uso dos materiais de reservas em sementes de soja, obteve o resultado de que existe correlação entre a matéria seca das sementes, sua redução de reservas e a matéria seca das mudas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi mensurar e elucidar sobre uso das reservas das sementes de *M. aterrima* e *R. communis* em diferentes profundidades com a presença e ausência de palha.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos com a mesma metodologia para cada espécie (*M. aterrima* e *R. communis*), e foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), situada no município de Piracicaba/SP, Brasil, no período de 29 de abril de 2020 a 24 de maio de 2020.

Os ensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 com 4 repetições, sendo cada repetição 4 vasos de 4,5L com 14 cm de diâmetro x 31 cm de comprimento. Os tratamentos foram compostos de 3 profundidades de semeadura 1, 10 e 20 cm com presença de palha de cana-de-açúcar sobre o vaso, simulando a quantidade de

10t ha⁻¹, e repetidos sem a presença da palhada. O solo utilizado foi coletado na universidade e levado para análise físico-química, apresentando as seguintes características (areia: 71,1%; silte: 8,4%; argila: 20,5%), com as seguintes características químicas na profundidade de 0 a 0,2m: pH em CaCl₂: 4,9; Ca: 3,9 cmol_c dm⁻³; Mg: 1,1 cmol_c dm⁻³; Al: 0,3 cmol_c dm⁻³; H+Al: 1,8 cmol_c dm⁻³; K (resina): 0,21 cmol_c dm⁻³; P (resina): 16 mg dm⁻³; CTC: 7,0 cmol_c dm⁻³; MO: 1,9 %. A amostra para caracterização física e química do solo ocorreu no mesmo dia da instalação (29 de abril de 2020).

As sementes de *M. aterrima* e *R. communis* foram adquiridas no comércio da região. Após a aquisição, as sementes foram submetidas ao teste de germinação segundo as regras de análise de sementes. Para o teste foram utilizadas 100 sementes de cada espécie. O germinador utilizado foi uma câmara vertical, tipo B.O.D., com temperatura fixa de 30°C e 12 horas de fotoperíodo contendo oito rolos de papel para germinação, quatro para cada espécie com 25 sementes cada. Foi fornecida a quantidade de água de 2,5 vezes a massa do rolo de papel. As avaliações foram realizadas aos quatro e 14 dias após a instalação. Foram avaliadas as sementes germinadas, consideradas apenas sementes com plântulas, e foram contabilizadas as plântulas normais, anormais e sementes não germinadas. A porcentagem de germinação foi calculada pela seguinte fórmula: (número de sementes germinadas até o último dia/número de sementes semeadas *100) (BRASIL, 2009). Os cálculos apresentaram os seguintes valores: 61% de germinação para as sementes *M. aterrima* e 68% para as sementes de *R. communis*. A palha da cana-de-açúcar foi retirada do solo de área de produção de cana pertencente ao departamento de produção vegetal e foi acondicionada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias para posterior pesagem.

Após estipulada a porcentagem de germinação de cada espécie, no dia 29 de abril de 2020 foi realizado o teste de umidade do lote das sementes. O grau de umidade das sementes (MD) foi determinado usando o método do forno a 105 ± 3°C. Foram utilizadas 10 sementes para cápsulas de alumínio com três repetições de cada espécie. Depois de 24 horas, as cápsulas foram pesadas e a umidade média percentual obtida. Também foi determinado o peso de 1000 sementes, sendo utilizadas oito repetições de 100 sementes de cada espécie. Cada repetição foi pesada e a média multiplicada por dez (BRASIL, 2009). O resultado final foi anotado para posteriores cálculos. No dia 29, também foi realizada uma pesagem de 24 grupos de 28 sementes, que foram escolhidas de forma aleatória e destinadas para cada repetição. O peso de cada grupo das 28 sementes foi anotado para posteriores cálculos. No mesmo dia, os vasos foram preenchidos com solo que foi peneirado até a demarcação de cada

profundidade descrita no ensaio. Foram separados todos os vasos de cada tratamento com suas respectivas repetições, e semeadas sete sementes por vaso das 28 sementes que haviam sido separadas para cada repetição. Após a semeadura, os vasos foram completados com o mesmo solo, deixando três centímetros da margem do vaso sem solo, o que correspondia ao limite demarcado para cada profundidade. Nos tratamentos que possuíam cobertura de palha de cana-de-açúcar, esta palha após seca foi pesada na quantidade correspondente a $10t\ ha^{-1}$ e acondicionada na superfície dos vasos que correspondiam a esses tratamentos.

Ao final da instalação, os vasos foram acondicionados em estufa localizada nas dependências do departamento de produção vegetal. Os vasos foram dispostos sobre uma bancada com pratos plásticos em sua base para o fornecimento de água. A irrigação foi realizada de forma homogênea sempre que houve necessidade através de avaliação visual da umidade do solo.

O início da emergência das plântulas ocorreu cerca de quatro a 15 dias após a semeadura, sendo as primeiras a emergirem as plantas nos tratamentos que correspondiam as menores profundidades, e as últimas a emergirem, conseqüentemente, as que correspondiam aos tratamentos de maior profundidade de semeadura. Foram realizadas as avaliações quando a maioria das plântulas do tratamento apresentavam estágio de desenvolvimento da abertura da primeira folha.

Para a realização das avaliações, os vasos foram abertos e as plântulas foram coletadas limpando o solo de suas estruturas com auxílio de uma peneira de malha fina. Após limpas e contabilizadas, 10 plantas por repetição foram selecionadas aleatoriamente para medir o tamanho da parte aérea – que correspondeu do início do hipocótilo até a inserção da primeira folha –, o comprimento total da raiz, e os materiais de reserva foram separados da plântula. Após realizada as medições, as plântulas e os materiais de reserva coletados foram submetidos à estufa de circulação forçada de ar a $65^{\circ}C$ durante três dias, até ocorrer toda perda de umidade. Após a secagem foram pesadas as partes aéreas, raízes e os materiais de reserva, que foram divididos pelo número de plântulas, o que gerou uma média por plântula por repetição.

Após obtida a média de todos componentes, foi determinado através destas médias a redução das reservas das sementes (RRS), conversão das reservas das sementes (CRS), taxa de redução das reservas das sementes (TRRS), taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP), e o gasto de energia (GE). As formulas utilizadas foram adaptadas segundo as metodologias de Soltani et al. (2006) e Pereira et al. (2015).

Para calcular a redução das reservas das sementes (RRS), foi subtraída a média em gramas da matéria seca dos materiais de reserva da média em gramas da matéria seca das sementes (SOLTANI et al., 2006; PEREIRA et al., 2015):

$$RRS = MSS - MSMR$$

Em que:

RRS = Redução das reservas das sementes.

MSS = Matéria seca das sementes.

MSMR = Matéria seca dos materiais de reserva.

Para determinar a eficiência da conversão das reservas das sementes (CRS), a média da matéria seca das plântulas foi dividida pela redução das reservas. Dessa forma, foi calculado o quanto dessa massa foi convertida em matéria seca das plântulas de acordo com Soltani et al. (2006) e Pereira et al. (2015):

$$CRS = \frac{MSP}{RRS} \quad \text{OU} \quad CRS = \frac{MSP}{MSS - MSMR}$$

Em que:

CRS = Conversão das reservas de sementes.

MSS = Matéria seca das sementes.

MSP = matéria seca das plântulas (raiz + parte aérea).

MSMR = Matéria seca dos materiais de reserva

RRS = Redução das reservas das sementes

Também foi determinada a taxa de redução das reservas das sementes (SRRR). Essa relação permitiu identificar em quais tratamentos houve a maior mobilização em matéria seca, avaliando a redução real das reservas, sendo uma variável mais confiável e comparável (SOLTANI et al., 2006):

$$TRRS = \frac{RRS}{MSS} \times 100 \quad \text{ou} \quad TRRS = \frac{(MSS - MSMR)}{MSS} \times 100$$

Em que:

TRRS = Taxa de redução de reserva das sementes.

MSS = Matéria seca das sementes.

MSMR = Matéria seca dos materiais de reserva.

RRS = Redução das reservas das sementes.

Para que se calculasse a taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP), foi dividida a média da matéria seca das plântulas pela média da matéria seca das sementes:

$$\text{TMRP} = \frac{\text{MSP}}{\text{MSS}} \times 100$$

Em que:

TMRP = Taxa de mobilização das reservas para as plântulas.

MSP = Matéria seca das plântulas (raiz + parte aérea).

MSS = Matéria seca das sementes.

Para determinar o gasto de energia (GE), foram subtraídos os valores da média da matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) e a média da matéria seca das plântulas (MSP) a partir da média da matéria seca das sementes (MSS).

$$\text{GE} = \frac{(\text{MSS} - \text{MSMR} - \text{MSP})}{\text{MSS}} \times 100$$

Em que:

GE = Gasto de energia

MSP = Matéria seca das plântulas (raiz + parte aérea).

MSS = Matéria seca das sementes.

MSMR = Matéria seca dos materiais de reserva.

Após o termino das avaliações e de tabulação dos dados, foi aplicado inicialmente a análise de variância, pelo teste F ($p < 0,05$), a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo Teste de Levene. Para o teste de médias foi utilizado o método de Tukey (1949) ($p < 0,05$), e os dados que necessitaram de serem transformados foi aplicada a função \sqrt{x} , porem as tabelas foram realizadas com os dados originais. A estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico software R.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As primeiras variáveis a serem avaliadas para determinar a influência da profundidade e do fator palha foram o comprimento das raízes (CR), comprimento das partes aéreas (CPA) e o comprimento das plântulas (CP). A medição foi realizada para ambas as espécies (*M. aterrima* e *R. communis*). Valores apresentados nas (Tabelas 1 e 2):

Tabela 1: Médias do comprimento das raízes (CR), comprimento das partes aéreas (CPA), comprimento das plantulas (CP) (*Mucuna aterrima*)

Profundidade	CR cm			CPA cm			CP cm		
	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média
1cm	13,83	15,12	14,48	2,60 Bc	5,46 Ac	4,03	16,43	20,57	18,50 c
10cm	14,58	15,14	14,86	11,15 Bb	13,85 Ab	12,50	25,72	28,99	27,36 b
20cm	15,16	14,70	14,93	18,60 Ba	22,05 Aa	20,33	33,76	36,75	35,26 a
Média	14,52	14,99	.....	10,78	13,79	.....	25,30 B	28,77 A	.....
CV (%)	7,25			2,21			4,18		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Tabela 2: Médias do comprimento das raízes (CR), comprimento das partes aéreas (CPA), comprimento das plantulas (CP) (*Ricinus communis*)

Profundidade	CR cm			CPA cm			CP cm		
	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média
1cm	22,14	22,24	22,19	3,05	6,21	4,63 c	25,47	28,44	26,96 c
10cm	21,44	22,41	21,93	12,55	14,96	13,76 b	33,99	37,37	35,68 b
20cm	22,13	21,74	21,94	20,90	22,90	21,90 a	43,03	44,64	43,84 a
Média	21,90	22,13	.....	12,17 B	14,69 A	.....	34,16 B	36,82 A	.....
CV (%)	3,58			5,88			3,41		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Ambas as espécies demonstraram mesmo comportamento em todas as variáveis. Em relação ao comprimento das raízes (CR), a profundidade e o fator palha não exerceram interferência; em relação ao comprimento das partes aéreas (CPA) – que seria do início do hipocótilo até a folha primária –, houve diferença para as duas espécies em relação ao fator profundidade e ao fator palha, sendo diferente estatisticamente nas três profundidades. O comprimento das partes aéreas foi maior na profundidade de 20 cm, decrescendo até a profundidade de 1 cm. A presença da palha da cana-de-açúcar, aumentou o comprimento das partes. Esse aumento do comprimento das partes aéreas fez com que o comprimento das plântulas (CP) também apresentasse as mesmas diferenças em relação ao fator profundidade e palha.

Os fatores de maior profundidade e presença de palha fizeram com que o hipocótilo se tornasse maior para conseguir emergir em maiores profundidades e na presença de palha. Segundo Knittle e Burris (1979) o hipocótilo deve crescer em comprimento, de modo a superar a profundidade em que a semente se encontra.

Pelo fato das sementes de *M. aterrima* e *R. communis* serem consideradas grandes, podem gerar plântulas maiores e mais vigorosas com o aumento da profundidade que se encontram no solo. Isso foi observado em estudos com sementes grandes realizados por Mian e Nafziger (1994). Esse incremento no tamanho e no vigor se deve ao fato da maior quantidade de material de reservas que as sementes grandes possuem, fornecendo nutrientes para o desenvolvimento e crescimento inicial da planta (LOWE E RIES, 1973).

Corroborando com Lowe e Ries (1973) e Mian e Nafziger (1994), os resultados para ambas as espécies de matéria seca das raízes (MSR), matéria seca das partes aéreas (MSPA) e matéria seca das plântulas (MSP) foram maiores com o aumento da profundidade que a semente se encontrava, porém, o efeito da palha só foi significativo quando foi observado a matéria seca das partes aéreas (MSPA), demonstrando maior matéria seca na presença da palha da cana-de-açúcar (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Médias da matéria seca das raízes (MSR), matéria seca das partes aéreas (MSPA), matéria seca das plântulas (MSP), matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) (*Mucuna aterrima*)

Profundidade	MSR			MSPA			MSP			MSMR		
	g			g			g			g		
	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média
1cm	0,019	0,026	0,023 c	0,031	0,051	0,041 c	0,050	0,078	0,064 c	0,658	0,586	0,622 a
10cm	0,052	0,033	0,043 b	0,089	0,127	0,108 b	0,141	0,160	0,151 b	0,525	0,480	0,503 b
20cm	0,055	0,065	0,060 a	0,215	0,224	0,220 a	0,270	0,289	0,280 a	0,348	0,345	0,347 c
Média	0,042	0,041	.....	0,112 B	0,134 A	.....	0,154	0,176	.....	0,510 A	0,470 B	.....
CV (%)	31,92			14,95			15,66			5,28		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Tabela 4: Médias da matéria seca das raízes (MSR), matéria seca das partes aéreas (MSPA), matéria seca das plântulas (MSP), matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) (*Ricinus communis*)

Profundidade	MSR			MSPA			MSP			MSMR		
	g			g			g			g		
	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média	Sem palha	Com palha	Média
1cm	0,060	0,059	0,06 c	0,168	0,170	0,17 c	0,228	0,229	0,23 c	0,092	0,084	0,09 a
10cm	0,071	0,07	0,07 b	0,178	0,18	0,18 b	0,248	0,25	0,25 b	0,047	0,039	0,04 b
20cm	0,081	0,079	0,08 a	0,184	0,188	0,19 a	0,265	0,268	0,27 a	0,011	0,008	0,01 c
Média	0,071	0,069	.....	0,177 B	0,179 A	.....	0,247	0,249	.....	0,050 A	0,044 B	.....
CV (%)	5,45			1,09			1,26			4,3		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Os valores da matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) demonstraram o mesmo comportamento para a *M. aterrima* e para *R. communis* (Tabelas 3 e 4) e foi significativamente menor quando houve o aumento da profundidade da semente no solo. Consequentemente também houve uma menor matéria seca com a presença da palha da cana-de-açúcar.

Como observado, as sementes que estavam localizadas nas maiores profundidades originaram maior formação de suas estruturas, destacando-se maior matéria seca das raízes, maior comprimento do hipocótilo e maior matéria seca das partes aéreas. Segundo Ziegler (1995), as reservas que a semente possui são os carboidratos, lipídios e proteínas de reserva, que são utilizados na formação destes componentes estruturais durante o crescimento da plântula. Fato observado por Venturi e Paulilo (1998), que constataram que o crescimento da raiz e da parte aérea, no crescimento de plântulas de *Euterpe edulis mart.* se deve exclusivamente à translocação das reservas contidas no material de reserva para a formação dessas estruturas. Consequentemente, pode-se concluir que ocorre a diminuição da matéria seca dos materiais de reserva nas sementes localizadas nas maiores profundidades. Segundo Leishman e Westoby (1994), o alto teor de reservas nas sementes permite o crescimento de plântulas em condições ambientais não satisfatórias como a maior profundidade de semeadura ou a presença de cobertura vegetal.

As espécies *M. aterrima* e *R. communis* também apresentaram comportamento similar analisando o efeito da profundidade de semeadura em relação a redução das reservas das sementes (RRS), taxa de redução das reservas das sementes (TRRS), taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP) e gasto de energia (GE). Diferindo apenas quando analisado a eficiência da conversão das reservas das sementes (CRS), variável a qual a *M. aterrima* não apresentou diferença na conversão das reservas em relação a profundidade de semeadura, enquanto a *R. communis* apresentou diferença da profundidade de 1 cm em relação às demais. O fator palha apresentou diferença no comportamento das espécies apenas na variável que mede a taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP), demonstrando que a presença de palha afetou a mobilização das reservas de *M. aterrima*, enquanto da *R. communis* não apresentou diferença (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Médias da Redução das reservas das sementes (RRS), eficiência da conversão das reservas das sementes (CRS), taxa de redução das reservas das sementes (TRRS), taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP) e gasto de energia (GE) (*Mucuna aterrima*)

Profundidade	RRS			CRS			TRRS			TMRP			GE		
	g		Média	mg		Média	%		Média	%		Média	%		Média
	Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha	
1cm	0,071	0,104	0,088 c	0,724	0,772	0,748	9,69	15,05	12,37 c	6,92	11,3	9,11 c	2,77	3,75	3,26 c
10cm	0,226	0,245	0,236 b	0,628	0,665	0,647	30,07	33,72	31,89 b	18,9	22,11	20,51 b	11,17	11,6	11,39 b
20cm	0,402	0,415	0,409 a	0,674	0,699	0,687	53,47	54,61	54,04 a	36,05	38,17	37,11 a	17,42	16,44	16,93 a
Média	0,233	0,255	.....	0,675	0,712	.....	31,07 B	34,46 A	.....	20,62 B	23,86 A	.....	10,453	10,597	.....
CV (%)	21,43			16,81			10,24			16,08			29,28		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$); Os dados da variável "GE" foram transformados pela função \sqrt{x} .

Tabela 6: Médias da Redução das reservas das sementes (RRS), eficiência da conversão das reservas das sementes (CRS), taxa de redução das reservas das sementes (TRRS), taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP) e gasto de energia (GE) (*Ricinus communis*)

Profundidade	RRS			CRS			TRRS			TMRP			GE		
	g		Média	mg		Média	%		Média	%		Média	%		Média
	Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha		Sem palha	Com palha	
1cm	0,293	0,294	0,294 c	0,776	0,779	0,778 a	76,22	77,75	76,99 c	59,12	60,53	59,83 c	17,10	17,22	17,16 c
10cm	0,338	0,342	0,340 b	0,735	0,732	0,734 b	87,9	89,76	88,83 b	64,57	65,70	65,14 b	23,33	24,06	23,70 b
20cm	0,368	0,374	0,371 a	0,719	0,716	0,718 b	97,23	98,03	97,63 a	69,94	70,18	70,06 a	27,30	27,84	27,57 a
Média	0,333	0,337	.....	0,743	0,742	.....	87,17 B	88,51 A	.....	64,54	65,47	.....	22,58	23,04	.....
CV (%)	1,26			2,93			0,6			2,81			8,57		

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$); Os dados da variável "RRS" foram transformados pela função \sqrt{x} .

A média da matéria seca das sementes (MSS) foi utilizada para a realização do cálculo das demais variáveis apresentadas nas Tabelas 5 e 6. A matéria seca das sementes (MSS) foi obtida com as sementes utilizadas para cada tratamento antes da semeadura. Os tratamentos apresentaram diferença estatística apenas para a espécie *M. aterrima*, devido ao fato da grande irregularidade no tamanho das sementes, porém essa diferença não afetou as demais variáveis pois os cálculos não dependem dessa variável ser homogênea entre os tratamentos (Tabela 7).

A redução das reservas de sementes (RSR), foi obtida através da subtração da média da matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) da média da matéria seca das sementes (MSS). Como observado que a matéria seca dos materiais de reserva (MSMR) tinha sido significativamente menor em maiores profundidades de semeadura, houve uma maior redução das reservas com o aumento da profundidade. Segundo Bewley et al. (2013), no processo de desenvolvimento da plântula, grande parte da matéria seca removida do material de reserva é hidrolisada e direcionada para o eixo embrionário, e parte é transformada em energia para manutenção do metabolismo celular, corroborando com a redução das reservas de sementes (RRS) nas maiores profundidades de semeadura, visto que as plântulas emergidas nessas profundidades obtiveram maior crescimento das partes aéreas e da matéria seca das plântulas.

Tabela 7: Médias da matéria seca das sementes (MSS) (*Mucuna aterrima* e *Ricinus communis*)

Tratamentos	Mucuna aterrima	Ricinus communis
	MSS (g)	MSS (g)
1cm sem palha	0,729 ab	0,385
10cm sem palha	0,752 a	0,384
20cm sem palha	0,750 ab	0,379
1cm com palha	0,691 b	0,378
10cm com palha	0,726 ab	0,381
20cm com palha	0,761 a	0,381
CV (%)	3,62	2,32

Médias isoladas não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV (%): Coeficiente de variação; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$)

A conversão das reservas (CRS) demonstrou a mesma eficiência de conversão para *M. aterrima* em relação a profundidade de semeadura e ao fator palha, porém para a *R. communis* houve diferença em relação a profundidade de semeadura, a qual as sementes localizadas a 1 cm apresentaram melhor eficiência de conversão do que as sementes nas profundidades de 10 e 20 cm. Contudo, observou-se que para ambas as espécies, essa variável não apresentou

correlação direta com as demais variáveis estudadas. Fato também observado por Pereira et al. (2015) em estudo da dinâmica das reservas de soja, no qual não foi constatado a correlação da eficiência de conversão de reservas (CRS) com outras variáveis. Outros autores também obtiveram os mesmos resultados, como Andrade et al. (2019) que observaram diferenças nas demais variáveis na dinâmica das reservas de milho porém não houve correlação com a eficiência da conversão das reservas (CRS), corroborando com os resultados do presente estudo.

Para as duas plantas utilizadas nesse estudo, a taxa de redução das reservas das sementes (TRRS) foi afetada pela profundidade de semeadura, demonstrando que quanto maior a profundidade da semente no solo, maior é a taxa de redução das reservas das sementes (TRRS). Essa taxa de redução é definida pela divisão da redução das reservas das sementes (RRS) pela matéria seca das sementes, significando o quanto de matéria do tecido de reserva foi transferido para utilização do metabolismo celular e para o crescimento da plântula (ANDRADE et al. 2019).

Segundo Tillmann et al. (1994), quando a semente inicia o processo de germinação ela precisa que o crescimento do embrião seja suficiente para que este se desenvolva afim de romper a camada do solo em direção a superfície. Assim consequentemente a profundidade interfere na emergência da plântula fazendo com que quanto maior a profundidade, maior a utilização das reservas e maior a taxa de redução das sementes. Por esse fator, sementes grandes com grande quantidade de reservas podem vir a emergir em maiores profundidades.

A taxa de mobilização das reservas para as plântulas (TMRP) foi afetada pela profundidade de semeadura nas duas espécies de plantas, demonstrando que quanto maior a profundidade de semeadura, maior a taxa de mobilização das reservas. O fator palha foi significativo apenas na espécie *M. aterrima*, a qual a presença de palha foi significativa para uma maior taxa de mobilização das reservas.

Segundo Buckeridge et al. (2004), a mobilização das reservas é o processo em que as que foram armazenadas no endosperma são utilizadas para o suprimento de energia para processos metabólicos e fonte para cadeias de carbono para a o desenvolvimento de tecidos necessários para a construção da plântula. Para o desenvolvimento da plântula, as reservas que são mobilizadas são convertidas em sacarose, ressaltando a grande importância da comunicação das reservas com o embrião para que a mobilização das reservas seja proporcional com desenvolvimento e crescimento deste embrião (CASTRO, BRADFORD & HILHORST, 2004). A mobilização das reservas para de ocorrer quando a plântula, após

emergida, tem sua parte aérea desenvolvida e começa a sintetizar clorofila, iniciando o processo de fotossíntese (HANLEY et al. 2004).

Os autores Ehrhardt-Brocardo e Coelho (2016), em estudos com sementes de feijão, observaram que as sementes que apresentaram menor taxa de mobilização de reservas para as plântulas (TMRP) originaram plântulas menores, e as com maior mobilização originaram plântulas maiores, corroborando com os resultados obtidos, que demonstraram que com o aumento da profundidade de semeadura, as sementes obtiveram maior taxa de mobilização das reservas e, conseqüentemente, plântulas com comprimento maior (CP) e maior matéria seca (MSP).

O gasto de energia (GE) foi calculado e demonstrou que ambas as espécies aumentaram o gasto de energia com o aumento da profundidade de semeadura, devido ao fato de que em maiores profundidades as plântulas apresentaram maior matéria seca das plântulas (MSP) e menor matéria seca dos materiais de reserva (MSMR), fazendo com ocorra um maior gasto de energia com o aumento da profundidade de semeadura. Segundo Alves et al. (2008), as sementes gastam energia para conseguir romper a camada de solo que impede fisicamente a emergência das plantas. Conseqüentemente, em maiores profundidades de semeadura há um maior gasto das reservas das sementes e um maior gasto de energia (GE).

Em um estudo realizado por Zuffo et al. (2014) para analisar o desenvolvimento de sementes de cajui em diferentes profundidades de semeadura, foi constatado que as sementes que estavam em maiores profundidades registraram um maior gasto de energia, fato que o autor correlacionou com a produção do hipocótilo para o rompimento da maior camada de solo que estava sobre as sementes. Também foi observado maior gasto de energia na produção de raízes pois, nas maiores profundidades, ocorre um atraso na emergência das plântulas, fazendo com que o gasto de energia se dê por maior tempo, o que foi observado no presente estudo. Os resultados obtidos por Zuffo et al. (2014) corroboram com os dados apresentados, concluindo-se que com o aumento da profundidade de semeadura as plantas de *M. aterrima* e *R. communis* gastaram mais energia (GE) devido ao fato de apresentarem maior comprimento das partes aéreas (CPA), comprimento das plântulas (CP), e maior matéria seca das raízes, fato ocorrido pelo maior tempo até emergência da plântula, ocasionando um uso das reservas das sementes prolongado até que este uso seja interrompido com o início da fotossíntese.

1.4 CONCLUSÃO

Para as espécies *M. aterrima* e *R. communis*, o aumento da profundidade de semeadura aumenta o comprimento das partes aéreas, o comprimento das plântulas, a quantidade de matéria seca, a redução das reservas das sementes, a taxa de redução das reservas das sementes, a taxa de mobilização das reservas para as plântulas, o gasto de energia e diminui a matéria seca dos materiais de reserva.

Para as duas espécies, a presença da palha de cana-de-açúcar aumenta o comprimento da parte aérea, o comprimento total das plântulas, a matéria seca das partes aéreas, a taxa de redução das reservas das sementes e diminui a matéria seca dos materiais de reserva, e na espécie *M. aterrima* a taxa de mobilização das reservas para as plântulas aumenta com a presença de palha.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. U.; ANDRADE, L. A.; BARROS, H. H. A.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, A. U.; GONÇALVES, G. S.; OLIVEIRA, L. S. B.; CARDOSO, E. A. Substratos para testes de emergência de plântulas e vigor de sementes de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 2008.

ANDRADE, G. C.; COELHO, C. M. M.; PADILHA, M. S. Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of seed science**. Universidade do Estado de Santa Catarina, v 41, n4, p.488-497, 8, 2019.

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

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd ed. **New York: Springer**, 2013. 392p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes (RAS). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: **MAPA/ACS**, 395p, 2009.

BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: **Artmed**, p. 163-188, 2004.

BURNSIDE, O. C.; MOOMAW, R. S.; ROETH, F. W.; WICKS, G. A.; WILSON, R. G. Weed seed density in soil in weed free-corn (*Zea mays*) production across Nebraska. **Weed Sci.**, v. 34, n. 2, p. 248-251, 1986.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: **Artmed**, p. 51-67, 2004.

CHENG, J.; CHENG, X.; Wang, L.; EL, AN, C.; Wang, Z.; ZHANG, H. Características fisiológicas da utilização de reserva de sementes durante o crescimento inicial das mudas no arroz. **Revista Brasileira de Botânica**, v.38, n.4, p.751-759, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2018) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 5, safra 2018/19, n. 4, quarto levantamento 2018, p. 1-75. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 20 Mai. 2020.

CORREIA, N. M.; KRONKA JUNIOR, B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta daninha** 28:1143-1152, 2010.

CORREIA N. M. Eficácia do mesotrione aplicado isolado e em mistura para o controle de corda-de-viola e de mucuna preta em cana-soca. **Álcoolbras** 133:46-51, 2011.

DEUBER, R. Botânica das plantas daninhas. In: DEUBER, R. Ciências das plantas daninhas. Jaboticabal: **FUNEP**, p. 31-73. 1992.

- EHRHARDT-BROCARD, N. C. M.; COELHO, C. M. M. Hydration patterns and physiologic quality of common bean seeds. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, n.4, p.1791-1799, 2016.
- GAZZIERO D. L. P. Controle de plantas daninhas: aspectos ecológicos e tecnológicos. In: *Primeras jornadas biacionales de cero labranza. Anais... Concepción: Sociedad de Conservación de Suelos de Chile*, p.132-150, 1990.
- HANLEY, M. E.; FENNER, M.; WHIBLEY, H.; DARVILL, B. Early plant growth: identifying the end point of the seedling phase. *New Phytologist*, v. 163, p. 61-66, 2004.
- HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, v.69, n.3, p.727-734, 2010.
- KNITTLE, K. H.; BURRIS, J. S. Soybean hypocotyl growth under field conditions. *Crop Science*, Madison, v. 19, n. 1, p. 37-41, 1979.
- LEISHMAN. M. R.; WESTOBY. M. The role or large seed size in shaded condilions: experimental evidence. *Functional Ecology* 8: 205-214, 1994.
- LORENZI, H. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. In: *Seminário de tecnologia agrônômica*, 4, Piracicaba. Anais... São Paulo: COOPERSUCAR, 1988. p. 281-301, 1988.
- LOWE, L. B.; RIES, S. K. Endosperm protein of wheat seed as a determinant of seedling growth. *Plant Physiology*, Rockville, v. 51, n. 1, p. 57-60, 1973.
- MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; COSTA, A. A.; ROSA, V. F. Efeito residual das leguminosas sobre o rendimento físico e econômico as cana planta. *Boletim Científico IAC*-32.p. 0-15, 1994.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 4 ed. **Pergamon Press**, McMillan, New York, 270 p, 1989.
- MIAN, M. A. R.; NAFZIGER, E. D. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Science*, Madison, v. 34, n. 1, p. 169-171,1994.
- OLIVARES A. R.; CARRILLO-GONZÁLEZ R.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ M. C. A.; HERNÁNDEZ R.M.S. Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production. *Journal of Environmental Management* 114:316-323, 2013.
- OLIVEIRA V. B.; AZANIA C. A. M.; SIQUEIRA M. E., SOUZA, M. A. S.; CHAVES, A. R. C. S.; BONETI, J. E. B. Amicarbazone e sulfentrazone utilizados no controle inicial de sementes de mucuna-preta e mamona localizadas em diferentes profundidades do solo. *STAB* 36:28-31, 2018.
- PEREIRA, W. A; PEREIRA, S. M; DIAS, D. C. F. S. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. *Journal of seed science*. Universidade do Estado de Santa Catarina, v 37, n1, p.063-069, 3, 2015.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. Inf. **Agropec.**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PIZA C. S. T. Período anterior à interferência de corda-de-viola em cana-planta. 39 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unesp, Jaboticabal, 2014.

RAMIA V. V.; PAVANI JR, J. D.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V.; AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A.A.P.M. Manejo Químico de *Ricinus communis* utilizando herbicidas seletivos à cana-de-açúcar. **STAB** 28:38-41, 2009.

SILVA M. A.; JIFON J. L., SILVA, J. A. G.; SANTOS, C. M.; SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science** 152:104–118, 2012.

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** 28:21-32, 2015.

SOLTANI, A.; GHOLIPOOR, M.; ZEINALI, E. Reserva de sementes utilização e crescimento de mudas de trigo afetado pela seca e salinidade. **Botânica Ambiental e Experimental**, v.55, n.1-2, p.195-200, 2006.

SOUZA Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:271-278, 2005.

TILLMANN, M. A. A; PIANA, Z.; CAVARIANE, C.; MINAMI, K. Efeito da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 2, p. 260-263, 1994.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics, Hoboken**, v.5, n.2, p.99-114, 1949.

VENTURI, S.; PAULILO, M. T. S. Esgotamento das reservas na semente de *euterpe edulis* mart. e efeito da nutrição mineral nas plântulas. **Acta Botanica Brasílica**, Universidade Federal de Santa Catarina. CCB, p. 215-220, December, 1998.

VOLTOLINI, T. V.; SILVA, J. G.; SILVA, W. E. L.; NASCIMENTO, J. M. L.; QUEIROZ, M. A. A.; OLIVEIRA, A. R. Valor nutritivo de cultivares de cana-de-açúcar sob irrigação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, BA, v.13, n.4, p.894-901, out./dez., 2012.

ZIEGLER, P. Carbohydrate degradation during germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. p. 447- 474. New York: Marcel Dekker, 1995.

ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PETTER, F. A.; SOUZA, T. R. S.; PIAULINO, A. C. Posição e profundidade de semeadura na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Anacardium microcarpum* Ducke. Agrária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, UFRPE, v 9, n 4, p.556-561, 08, 2014.

2. CONTROLE DE MUCUNA PRETA E MAMONA EM DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SEMEADURA POR FORMULAÇÕES DE AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE

RESUMO

A *M. aterrima* e a *R. communis* são plantas daninhas de difícil manejo na cultura da cana-de-açúcar. Possuem a característica de emergir até 20 cm de profundidade e superar uma espessa camada de palha, o que dificulta e reduz o número de herbicidas para o seu controle. No Brasil, para a cultura da cana-de-açúcar, vários herbicidas com diferentes formulações são registrados e utilizados para controlar diversas plantas daninhas. Os herbicidas mais utilizados para o controle dessas espécies são os que possuem como o ingrediente ativo amicarbazone ou sulfentrazone. Assim, objetivou-se estudar o controle de diferentes formulações desses herbicidas em diferentes profundidades para o controle da *M. aterrima* e *R. communis*. Dois ensaios foram conduzidos com a mesma metodologia para cada espécie. Os ensaios foram realizados em casa de vegetação, cada um foi implantado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x5 com 4 repetições sendo cada repetição um vaso de 4,5L com 14 cm de diâmetro x 31 cm de comprimento. Os tratamentos foram compostos de 5 profundidades de semeadura: 1, 5, 10, 15 e 20 cm, e 4 herbicidas sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação. Aos 10, 20 e 30 DAA foram realizadas as avaliações de controle visual, e aos 30 DAA foi realizada a contagem das plantas remanescentes, e sua respectiva matéria seca. Os herbicidas a base de amicarbazone e sulfentrazone apresentaram excelente controle sobre as espécies *M. aterrima* e *R. communis*. Os herbicidas a base de amicarbazone, na espécie *M. aterrima*, apresentaram menor controle na profundidade de 20 cm em relação aos herbicidas a base de sulfentrazone. As formulações com o mesmo ingrediente ativo não diferiram entre si em relação ao controle de ambas espécies.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., Mucuna preta, Mamona, Emergência, Produto comercial, Fotossistema II, Prototox

ABSTRACT

M. aterrima and *R. communis* are weeds that are difficult to manage in sugarcane cultivation. They have the characteristic of emerging up to 20 cm deep and overcoming a thick layer of straw, which hinders and reduces the number of herbicides for its control. In Brazil, for sugarcane cultivation, several herbicides with different formulations are registered and used to control several weeds. The herbicides most used to control these species are the ones that have the active ingredient amicarbazone or sulfentrazone. Thus, the objective was to study the control of different formulations of these herbicides at different depths for the control of *M. aterrima* and *R. communis*. Two trials were conducted with the same methodology for each species. The tests were carried out in a greenhouse, each one was implemented in a completely randomized design in a 5x5 factorial scheme with 4 repetitions, each repetition being a 4.5L vessel with 14 cm diameter x 31 cm length. The treatments consisted of 5 sowing depths of: 1, 5, 10, 15 and 20 cm, and 4 herbicides, two of which with

the active ingredient based on sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ and Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹), and the other two herbicides based on the active ingredient amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ and Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), plus a control without application. At 10, 20 and 30 DAA, visual control evaluations were carried out, and at 30 DAA the remaining plants and their respective dry matter were counted. The herbicides based on amicarbazone and sulfentrazone showed excellent control over the species *M. aterrima* and *R. communis*. Amicarbazone-based herbicides, in *M. aterrima* species, showed less control at a depth of 20 cm compared to sulfentrazone-based herbicides. The formulations with the same active ingredient did not differ in relation to the control of both species.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., Velvet bean, Castor bean, Emergency, Commercial product, Photosystem II, Protox

2.1 Introdução

No Brasil, para a cultura da cana-de-açúcar vários herbicidas com diferentes formulações são registrados e utilizados para controlar diversas plantas daninhas (ARALDI et al., 2011). A modalidade de aplicação em pré-emergência é muito utilizada na cultura, se destacando herbicidas inibidores do protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e do fotossistema II, devido a várias características desses mecanismos de ação, como a seletividade para a cultura e alta eficiência para plantas de difícil controle (RODRIGUES & ALMEIDA, 2018).

A mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) é uma planta daninha de difícil manejo na cultura da cana-de-açúcar. Sua infestação teve início após seu uso como adubo verde, havendo a incorporação das plantas ao solo e de suas sementes, esse manejo muitas vezes realizado incorretamente permitiu a infestação desta espécie nos canaviais (NAKAGAWA et al., 2007). Segundo Correia (2011), as sementes da *M. aterrima* possuem dormências e germinam escalonadamente, o que tornou esta espécie uma planta problemática principalmente no estado de São Paulo, onde era muito utilizada.

Outra planta dicotiledônea de difícil controle presente nos canaviais é a mamona (*Ricinus communis*). Essa espécie se tornou problema em áreas de cultivos de cana-de-açúcar por apresentar diversas características, como resistir ao estresse hídrico (TROSTLE et al., 2012), possuir rápido crescimento e principalmente prejudicando na operação de colheita mecânica, podendo reduzir sua velocidade devido à quebra das colhedoras (RAMIA et al., 2009).

O controle químico das espécies *M. aterrima* e *R. communis* deve ser feito com herbicidas que possuem elevada percolação no perfil do solo, que fiquem disponíveis na solução do solo e que possuam elevada solubilidade para alcançar maiores profundidades. Segundo Oliveira et al. (2018), as sementes dessas espécies podem emergir até 20 cm de profundidade no solo, superando elevadas quantidades de palha. Deste modo, na modalidade de aplicação em pré-emergência os herbicidas que alcançam essas profundidades possuem melhor potencial de controle. Segundo Zera et al. (2011), Silva et al. (2015) e Bressanin et al. (2015), os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone tem gerado resultados positivos no controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis*.

O herbicida amicarbazone é um inibidor do fotossistema II e pertence ao grupo químico das triazolinonas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2018). Sua ação é análoga as plastoquinonas nas reação de Hill (FS II), ocorrendo a ligação na proteína D1 na plastoquinona QB, ocorrendo a interrupção do transporte dos elétrons, pois a plastoquinona QA não pode ser oxidada pela plastoquinona QB, devido ao sítio de ação estar ocupado pelo herbicida (FUERST & NORMAN, 1991). Na reação também ocorre a formação de radicais livres como: oxigênio “singlet”, que peroxidam os lipídeos das membranas ocasionando a destruição e perda da clorofila e, conseqüentemente, levando a morte celular e da planta (VIDAL & MEROTTO, 2001). É um herbicida de grande importância na cultura da cana-de-açúcar, controla mono e dicotiledôneas, e o principal foco de uso é para espécies de dicotiledôneas que possuem sementes grandes como a *M. aterrima* e a *R. communis*.

Suas características químicas favorecem um elevado controle nessas espécies, como por exemplo, meia vida de três a seis meses, alta solubilidade em água ($S_w = 4600 \text{ mg L}^{-1}$ a 20°C), coeficiente de sorção ($K_{oc} = 30 \text{ mL g}^{-1}$) que confere mobilidade no solo e não se dissocia em meio ácido ou básico e adequada lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = 1,23$ em pH 7 e 20°C), segundo informações do *Pesticide Properties Database* (PPDB, 2019). O amicarbazone possui degradação microbiana, e sua persistência no solo como o tempo de meia vida é afetado pelo solo, clima, dose, quantidade de matéria orgânica e principalmente pela chuva (CARBONARI et al., 2009a).

Segundo Toledo (2004), sua aplicação pode ser realizada nas modalidades pré e pós-emergência inicial. Na aplicação em pré-emergência, a absorção ocorre pelas raízes e transloca pelo xilema devido ao fluxo de transpiração. Na aplicação em pós-emergência, tem efeito de contanto.

O sulfentrazone é um herbicida que tem como mecanismo de ação a inibição da enzima PROTOX. O herbicida na planta provoca a conversão do protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX, acumulando protoporfirinogênio IX nos plastídeos e produzindo a protoporfirina IX no citossol. Esta reage com O₂ e com a luz, produzindo o oxigênio “singlet”. Essa forma de oxigênio é um radical livre, altamente radioativo, acarretando na peroxidação dos lipídios e membranas, ocasionando, sequentemente, na morte celular (RODRIGUES & ALMEIDA, 2018). Possui elevado controle em algumas gramíneas, porém com destaque para o controle em espécies dicotiledôneas, como exemplo a *M. aterrima* e *R. communis*. Dentre as características químicas principais pode-se destacar o elevado tempo residual no solo solo ($t_{1/2} = 110$ a 280 DAA), alta solubilidade em água ($S_w = 780 \text{ mg L}^{-1}$ a 20 °C), coeficiente de sorção ($K_{oc} = 43 \text{ mL g}^{-1}$) que confere mobilidade no solo e baixa lipofilicidade com meio orgânico ($pK_a = 6,56$ a 25° C e $\log K_{ow} = 0,091$ em pH 7 e 20 °C) segundo as informações do PPDB (2019).

Um herbicida é uma formulação que possui vários compostos como o princípio ativo, adjuvantes e um diluente. O princípio ativo ou ingrediente ativo (IA) é a molécula, que ocasiona o efeito herbicida de controlar a espécie desejada, possuindo características químicas que selecionam os adjuvantes a serem adicionados. Os adjuvantes são produtos que interferem em propriedades da solução, com o objetivo de melhorar a eficiência do herbicida devido a atributos de melhorar a mistura, a aplicação e outros problemas que minimizam a eficácia de controle. Já o diluente é o meio no qual a formulação é diluída para aplicação (VARGAS & ROMAN, 2006).

Os aditivos que compõem uma formulação de um herbicidas têm o poder de afetar os microrganismos e podem modificar o efeito do herbicida nas plantas-alvo (MALKONES, 2000). Quando os herbicidas são utilizados, os componentes da formulação atuam física e quimicamente na calda do tanque de pulverização e interagem com a superfície foliar, podendo ocasionar na pulverização a retenção das gotas, a fragmentação e até as refletir (HOLLOWAY, 1994).

Segundo Hess (1997), alguns adjuvantes são óleos emulsionáveis e que contém 80 a 98% de óleo não fito-toxico e 2 a 20% de surfactante. Nas formulações que possuem esses adjuvantes, o efeito ocasionado pode ser de aumentar a absorção de alguns herbicidas lipofílicos em relação ao uso de surfactantes isolados na formulação. Os produtos comerciais possuem diversas variações na composição dos óleos emulsionáveis presentes, devido às empresas não mencionarem na bula do produto o tipo de óleo a quantidade e proporções,

sendo que esses fatores atuam diretamente nas características físico-químicas da calda de pulverização.

De acordo com Oliveira Jr. (2011), a seletividade e o controle de um determinado herbicida é algo relativo, pois é dependente de vários fatores e um desses fatores é a formulação do produto comercial que o ingrediente ativo se encontra, pois esse produto comercial pode diferir no controle e na seletividade de demais produtos com o mesmo ingrediente ativo porém com formulações distintas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar o controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis* em diferentes profundidades por formulações dos herbicidas sulfentrazone e amicabazone.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos com a mesma metodologia para cada espécie (*M. aterrima* e *R. communis*). Os ensaios foram realizados em casa-de-vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), situada no município de Piracicaba/SP, Brasil, no período de 3 de março de 2021 a 12 de abril de 2021.

Os ensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5 com 4 repetições sendo cada repetição um vaso de 4,5L com 14 cm de diâmetro x 31 cm de comprimento. Os tratamentos foram compostos de 5 profundidades de semeadura: 1, 5, 10, 15 e 20 cm, e 4 herbicidas, sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹), e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicabazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação. Para todos os tratamentos houve presença de palha de cana-de-açúcar sobre o vaso, simulando a quantidade de 10t ha⁻¹. O solo utilizado foi o mesmo da realização do experimento descrito no capítulo anterior, apresentando as mesmas características físico-químicas.

As sementes de *M. aterrima* e *R. communis* foram adquiridas no comércio da região, após a aquisição as sementes foram submetidas ao mesmo teste de germinação que havia sido realizado no experimento anterior, seguindo as regras de análise de sementes. As germinações apresentaram os seguintes valores: 68% de germinação para as sementes *M. aterrima* e 70% para as sementes de *R. communis*. A palha da cana-de-açúcar foi retirada do solo de área de

produção de cana pertencente ao departamento de produção vegetal e acondicionada em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias para posterior pesagem.

A instalação ocorreu no dia 8 de março de 2021. Os vasos foram preenchidos com o solo, que foi peneirado até a demarcação de cada profundidade descrita no ensaio. Foram separados todos os vasos de cada tratamento com suas respectivas repetições, e semeadas sete sementes por vaso. Posteriormente, foram completados com o mesmo solo deixando 3 cm da margem do vaso sem solo, o que correspondia ao limite demarcado para cada profundidade. Em seguida, foi adicionada a palha de cana-de-açúcar, que foi pesada após seca na quantidade correspondente a 10t ha⁻¹.

Os vasos foram acondicionados em casa de vegetação com sistema de irrigação por aspersão. No mesmo dia, os vasos receberam irrigação na quantidade 20 mm, medida por um pluviômetro que foi instalado juntamente com o experimento para coleta dos dados de irrigação. No dia seguinte, os vasos foram retirados da estufa em grupos de tratamentos por herbicida e foi realizada a aplicação às 15 horas do dia 9 de março de 2021, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de barra contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque XR 110.02, com espaçamento entre bicos de 0,5 m, posicionadas a 0,5 m da superfície do vaso e volume de aplicação de 200 L ha⁻¹.

As doses utilizadas foram de 800 g i.a ha⁻¹ para os herbicidas Boral® 500 SC e Ponteirobr® 500 SC, e de 1400 g i.a ha⁻¹ para os herbicidas Dinamic 700 WG e Magneto 500 SC. Após a aplicação, os vasos foram acondicionados novamente na estufa e, no dia seguinte, submetidos a irrigação na quantidade de 20mm.

A avaliação de eficácia de controle (%) foi realizada aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação. A avaliação utilizada foi de escala visual de 0 a 100%, sendo que 0% representa nenhum controle e 100% controle total das plantas daninhas (ALAM, 1974) (Tabela 8). Aos 30 dias após a aplicação, as plantas foram contabilizadas por repetição, cortadas rentes ao solo e levadas para determinação da matéria seca, sendo acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias, até ocorrer toda perda de umidade. Após a secagem, as repetições foram pesadas e realizadas as médias do peso seco por planta por repetição.

Tabela 8: Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas (ALAM, 1974).

Porcentagem (%)	Grau de Controle
0 - 40	Nenhum a pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito Bom
91 - 100	Excelente

Após o término das avaliações e de tabulação dos dados, foi aplicada, inicialmente, a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo Teste de Levene. Para o teste de médias foi utilizado o método de Tukey (1949) ($p < 0,05$) com auxílio do programa estatístico software R.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Escala Alam (1974) foi adotada para a avaliação de controle visual, que foi realizada para as duas espécies aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas. Os valores foram expressos em porcentagem (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9: Controle visual geral das plantas de *Mucuna aterrima* aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação. Os números representam porcentagem de controle 0-100%, ALAM (1974).

Profundidade / Herbicida	10 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	27,50 B	28,50 Bb	97,50 A	96,25 A
5cm	28,00 B	31,25 Bab	97,50 A	97,50 A
10cm	32,50 B	35,00 Ba	96,25 A	98,75 A
15cm	30,00 B	30,75 Bab	100,00 A	100,00 A
20cm	.....	.....	.....	.....
Médias	29,50	31,38	97,81	98,13
CV (%)	5,14			
Profundidade / Herbicida	20 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	93,75 a	90,00 a	97,50	100,00
5cm	93,75 a	95,00 a	98,75	100,00
10cm	96,25 a	97,50 a	98,75	100,00
15cm	100,00 a	100,00 a	100,00	100,00
20cm	75,00 Bb	73,75 Bb	93,75 A	96,25 A
Médias	91,75	91,25	97,75	99,25
CV (%)	6,73			
Profundidade / Herbicida	30 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	97,50 a	98,75 a	98,50	100,00
5cm	97,50 a	98,75 a	99,25	100,00
10cm	100,00 a	100,00 a	99,25	100,00
15cm	100,00 a	100,00 a	100,00	100,00
20cm	81,25 Bb	73,75 Bb	93,75 A	98,00 A
Médias	95,25	94,25	98,15	99,60
CV (%)	5,22			

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Tabela 10: Controle visual geral das plantas de *Ricinus communis* aos 10, 20 e 30 dias após a aplicação. Os números representam porcentagem de controle 0-100%, ALAM (1974).

Profundidade / Herbicida	10 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	30,00 Bb	25,00 Bb	95,00 A	100,00 A
5cm	42,50 Ba	36,25 Ba	100,00 A	100,00 A
10cm	40,00 Ba	41,25 Ba	100,00 A	98,75 A
15cm	43,75 Ba	43,75 Ba	100,00 A	100,00 A
20cm	.....	.....	.....	.....
Médias	39,06	36,56	98,75	99,69
CV (%)	6,21			
Profundidade / Herbicida	20 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	97,50 AB	92,50 Bb	100,00 A	100,00 A
5cm	98,75	96,25 ab	100,00	100,00
10cm	100,00	95,00 ab	100,00	100,00
15cm	100,00	100,00 a	100,00	100,00
20cm	.....	.....	.....	.....
Médias	99,06	95,94	100,00	100,00
CV (%)	3,69			
Profundidade / Herbicida	30 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
1cm	100,00 A	93,75 Bb	100,00 A	100,00 A
5cm	100,00	98,75 a	100,00	100,00
10cm	100,00	100,00 a	100,00	100,00
15cm	100,00	100,00 a	100,00	100,00
20cm	.....	.....	.....	.....
Médias	100,00	98,13	100,00	100,00
CV (%)	2,46			

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$).

Na avaliação de 10 DAA da espécie *M. aterrima*, não foi realizada a avaliação na profundidade de 20 cm pela não ocorrência da emergência das plantas em todos tratamentos incluindo a testemunha. Já em relação à espécie *R. communis* não houve emergência na profundidade de 20 cm em nenhum tratamento, incluindo a testemunha, durante a condução de todo o experimento, sendo realizada a avaliação apenas nas profundidade de 1, 5, 10 e 15 cm.

Na avaliação de 10 DAA dos herbicidas para as duas espécies de plantas, o controle geral que é a média de todas profundidades avaliadas demonstrou elevada eficácia para os herbicidas a base sulfentrazone (Boral® 500 SC e Ponteirobr®) e com baixa eficácia de controle para os herbicidas a base de amicarbazone (Dinamic 700 WG e Magneto 500). Essa diferença de controle dos herbicidas a base de amicarbazone em relação aos herbicidas a base de sulfentrazone se deve ao fato de se tratarem de mecanismos de ação distintos. O amicarbazone é um composto inibidor do fotossistema II. Partindo deste princípio, é necessário que haja a emergência e que as plantas se estabilizem até que se inicie o processo da fotossíntese, momento em que o herbicida irá se manifestar com maior ação de controle. Esse resultado de baixa eficácia de controle inicial também foi observado por Campos et al. (2009) no controle de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* por amicarbazone aos 15 DAA. Os herbicidas a base de sulfentrazone tem como mecanismo de ação a inibição da PROTOX, que gera no cloroplasto um acúmulo de protoporfirinogênio, ocorrendo a difusão deste composto para o citoplasma que será convertido em protoporfirina-IX. A exposição da luz e de oxigênio molecular provoca o surgimento do oxigênio “singlet” um radical livre que causa a peroxidação das membranas celulares levando rapidamente à morte celular (CARVALHO & LÓPEZ-OVEJERO, 2008). Devido a essas características, explica-se o motivo do elevado controle dos herbicidas a base de sulfentrazone na primeira avaliação de 10 DAA.

Os resultados da primeira avaliação de controle de 10 DAA corroboram com Bressanin et al. (2015), que realizaram um experimento com herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de *M. aterrima* e observaram que, até os 15 DAA, o herbicida sulfentrazone proporcionou um controle de 97%, enquanto o herbicida amicarbazone obteve controle de 31%. Para a espécie *R. communis*, Theisen, Andres e Silva (2005), concluíram que o herbicida sulfentrazone em pré-emergência possui elevada porcentagem de fitointoxicação inicial. O herbicida amicarbazone não obteve elevado controle inicial das plantas de *R. communis*, fato também observado em diferentes espécies por Toledo et al. (2009) após a aplicação em pré-emergência, concluindo baixo controle nos primeiros dias após a emergência de todas plantas daninhas estudadas devido ao mecanismo de ação do herbicida, corroborando, ainda, com Campos et al. (2009) e com os resultados do presente estudo.

Nas avaliações de 20 e 30 DAA, o controle geral que é a média de todas profundidades avaliadas, foi excelente para todos os herbicidas nas duas espécies estudadas,

gerando controles superiores a 90%. Porém os herbicidas a base de sulfentrazone demonstraram os maiores valores quando comparados com os herbicidas a base de amicarbazone na espécie *M. aterrima* na avaliação de 20 DAA, e na avaliação de 30 DAA com o herbicida Ponteirobr® diferindo dos herbicidas a base de amicarbazone. Já na espécie *R. communis* a avaliação de 20 DAA demonstrou que o herbicida Magneto 500 gerou menor controle diferindo dos herbicidas a base de sulfentrazone, porém na avaliação de 30 DAA o controle foi igual para todos herbicidas. Bressanin et al. (2015) concluíram que aos 45 DAA o controle de *M. aterrima* teve melhores resultados com o herbicida sulfentrazone, com 90% de controle, porém o controle com o herbicida amicarbazone aumentou com o passar do tempo após a aplicação, atingindo índices superiores a 66%. Em relação a espécie *R. communis*, Ferreira et al. (2020) obtiveram 87% de controle com o herbicida amicarbazone aplicado em pré-emergência aos 28 DAA, com aumento de até 100% de controle nas avaliações subsequentes. E Zera et al. (2011) constataram controle de *R. communis* silvestre pelo herbicida sulfentrazone, com controle de 96% aos 30 DAA, valores similares dos resultados do presente estudo.

Analisando as profundidades dentro de cada tratamento herbicida, houve diferenças estatísticas apenas para os herbicidas a base de amicarbazone, enquanto os herbicidas a base de sulfentrazone não obtiveram diferença entre as profundidades em nenhuma avaliação para nenhuma das espécies avaliadas.

Na avaliação de 10 DAA para a espécie *M. aterrima*, o herbicida Magneto 500 foi o único que demonstrou diferença em relação às profundidades. A diferença de controle foi apenas observada na comparação da profundidade de 1 cm com a de 10 cm, demonstrando um maior controle nesta última. Em relação a espécie *R. communis*, os herbicidas Dinamic 700 WG e Magneto 500 obtiveram menor controle na profundidade de 1 cm em relação às demais.

Nas avaliações de 20 DAA E 30 DAA para a espécie *M. aterrima*, o herbicida amicarbazone, nas duas formulações utilizadas (Dinamic 700 WG e Magneto 500), demonstrou diferença significativa entre as profundidades, possuindo alta eficácia de controle em todas elas, exceto na profundidade de 20 cm a qual diferiu das demais, apresentando valores de 73,75% para o Magneto 500 e 81, 25% Dinamic 700 WG, valores que podem ser considerados ineficazes devido ao potencial de recuperação dessa espécie após o uso de herbicidas, como observado por Bressanin et al. (2015), que constataram recuperação da *M. aterrima* após aplicação do sulfentrazone, que apresentava valores de 90% de controle aos 45 DAA e se recuperou com o tempo e, aos 120 DAA, o controle foi reduzido para 69%.

Na espécie *R. communis*, nas avaliações de 20 e 30 DAA, apenas a formulação do herbicida Magneto 500 demonstrou diferença nas profundidades. Na avaliação de 20 DAA, a profundidade de 15 cm diferiu da profundidade de 1 cm possuindo o melhor controle na maior profundidade, com índice de 100%. Já na avaliação de 30 DAA a profundidade de 1 cm diferiu das demais com o menor controle, porém com controle de 93,75% considerado excelente.

No presente estudo, conclui-se que o herbicida amicarbazone teve seu controle nas plantas estudadas afetado pela profundidade de semeadura, podendo correlacionar esses resultados com as características químicas do produto. O amicarbazone é um herbicida de elevada solubilidade na ordem de 4600 ppm, e baixa adsorção, com valores entre 32,4 a 42,6 mg/g de solo, indicando que é um herbicida que, com baixa umidade, fica facilmente disponível na solução do solo e quando ocorre elevada precipitação pode ser lixiviado para camadas profundas no solo (GIMENES, 2004). Em um estudo realizado por Bachega et al. (2009), foi aplicado o herbicida amicarbazone em campo em área de cana-de-açúcar, e foi retirada da área colunas de PVC com o solo em diferentes datas, registrando acumulados de 35, 67 e 106 mm de chuva. Nas colunas que registraram 67 e 106 mm, não foi constatado a fitointoxicação do herbicida em plantas bioindicadoras até a última profundidade avaliada de 30 – 35 cm, concluindo que o herbicida lixiviou permanecendo em baixa concentração no solo. Resultado que correlaciona com o presente estudo devido a irrigação acumulada nas datas das avaliações (Figura 1).

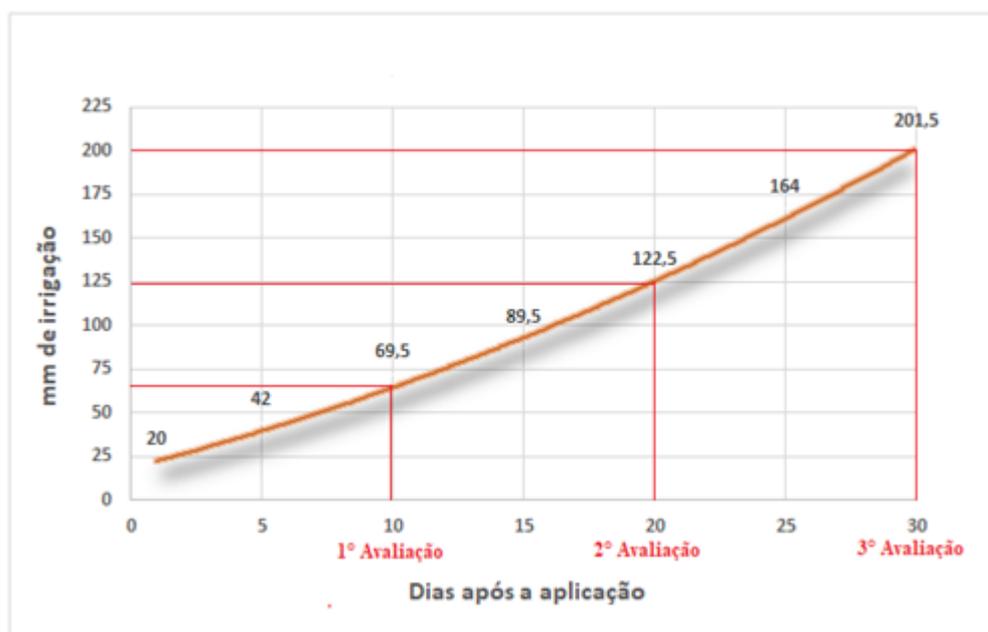


Figura 1: Irrigação acumulada x datas das avaliações.

Como Bachega et al. (2009) constataram, o controle do amicarbazone é afetado pela quantidade de precipitação. A quantidade de 67 mm indicou elevada lixiviação do produto para as camadas mais profundas do que 35 cm, podendo correlacionar com o presente estudo, no qual essa quantidade de precipitação é atingida já na primeira avaliação de 10 DAA, como é mostrado na Figura 1. Desse modo, pode-se adotar a hipótese de que a maior concentração do produto na solução do solo nas camadas avaliadas está antes dessa avaliação de 10 DAA, indicando que os tratamentos que obtiveram maior velocidade de emergência das plantas até essa data foram afetados mais severamente pelo herbicida amicarbazone. Segundo Gonçalves (2010), o aumento da profundidade reduz a velocidade de emergência de plantas de *R. communis* e, conseqüentemente, tal efeito pode ocorrer para a espécie *M. aterrima*.

A espécie *M. aterrima* possuir maior velocidade de germinação e emergência do que a espécie *R. communis*, segundo as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009). A espécie *M. aterrima* tem sua germinação em média a partir do quarto dia e a espécie *R. communis* tem sua germinação em média no sétimo dia. A velocidade de emergência de ambas as espécies em cada profundidade nos primeiros dias foi fundamental para o índice de controle pelo amicarbazone, notando-se que para a espécie *M. aterrima* os tratamentos nas profundidades 1, 5, 10 e 15 cm obtiveram emergência acelerada antes da primeira avaliação, gerando um controle satisfatório acima de 90% nestas profundidades nas avaliações de 20 e 30 DAA. Na profundidade de 20 cm, a emergência ocorreu após essa data de 10 DAA, momento no qual o acumulado de irrigação aumentou consideravelmente, lixiviando o herbicida para maiores profundidades e, conseqüentemente, diminuindo o controle, corroborando com a hipótese da lixiviação do amicarbazone, porém, discordando com a total ausência dos sintomas observada por Bachega et al. (2009). Essa discordância pode estar ligada às características físico-químicas do solo utilizado.

A disponibilidade de um herbicida no solo é regida pela dinâmica entre a adsorção dos compostos químicos nos colóides do solo e o potencial de solubilidade que o herbicida apresenta (JAVARONI et al., 1999). O solo utilizado foi classificado como Franco argilo arenoso com textura média apresentando 19 g/dm³ de matéria orgânica, segundo Carbonari et al. (2009b) o amicarbazone possui elevada solubilidade favorecendo sua lixiviação. Porém, pode ser afetada pela adsorção no solo, que é dependente da textura e da quantidade de matéria orgânica presentes, que contribui diminuído a lixiviação do amicarbazone quando este é aplicado sobre a palhada quando comparado com aplicação realizada na ausência de palha.

Desse modo, pode-se concluir que, no presente trabalho, o herbicida amicarbazone possuiu elevada lixiviação devido à quantidade de irrigação acumulada, efeito observado com a redução de controle no tratamento de 20 cm de profundidade da espécie *M. aterrima*, a qual ocorreu o maior acúmulo de irrigação no momento da emergência das plantas. Porém, mesmo com a diminuição no controle, este se manteve entre 73,75 – 81,25% nas avaliações de 20 e 30 DAA, indicando que a aplicação sobre a palha da cana-de-açúcar e as características físico-químicas do solo podem ter diminuído a lixiviação, disponibilizando a molécula do herbicida nesta profundidade para as plantas de *M. aterrima* quando emergiram, porém, em menor concentração no solo do que no momento da emergência das plantas nas demais profundidades.

Para a espécie *R. communis*, a dinâmica do amicarbazone no solo é igual conforme abordada para *M. aterrima*, pois os experimentos foram realizados simultaneamente nas mesmas condições. Porém, os resultados demonstraram que para a espécie *R. communis* o amicarbazone gerou menor controle na camada de 1 cm na avaliação de 10 DAA para as duas formulações (Dinamic 700 WG e Magneto 500). Na avaliação de 20 DAA, apenas o herbicida Magneto 500 diferiu nas profundidades, demonstrando melhor controle na profundidade de 15cm comparada com a profundidade de 1 cm. Na última avaliação de 30 DAA, o herbicida Magneto 500 se manteve como o único a manter a diferença nas profundidades testadas, porém, a diferença foi apenas na profundidade de 1 cm comparada com as demais que apresentaram melhor eficácia controle, evidenciando de modo geral que o controle foi mais afetado nas menores profundidades do que nas maiores.

Essa diferença de controle nas profundidades, quando comparadas as espécies, pode ser explicada pela menor velocidade de emergência das plantas *R. communis* em relação às plantas de *M. aterrima*. Assim, conseqüentemente, no momento da sua emergência, a lixiviação do amicarbazone foi maior do que no momento da emergência das plantas de *M. aterrima*.

Desse modo, analisando a avaliação de 30 DAA por ser a mais conclusiva, o menor controle ocorreu apenas para o herbicida Magneto 500 na profundidade de 1 cm em relação às demais, fato que pode ser associado a menor concentração disponível do amicarbazone na solução do solo nesta faixa de profundidade no momento da emergência das plantas. Porém, mesmo com a diminuição da concentração do herbicida, o controle pode ser considerado excelente, apresentando índice de 93,75%, indicando que a concentração da molécula não diminuiu suficientemente ao ponto de gerar um controle insatisfatório.

Para determinação conclusiva do controle, foi contabilizado o número de plantas restantes nos tratamentos incluindo a testemunha (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11: Média do número de plantas de *Mucuna aterrima* 30 dias após a aplicação.

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
1cm	0,25 Bab	0,25 Bb	0,75 B	0,00 B	5,50 Aa
5cm	0,25 Bab	0,25 Bb	0,25 B	0,00 B	4,50 Aab
10cm	0,00 Bb	0,00 Bb	0,25 B	0,00 B	3,75 Aab
15cm	0,00 Bb	0,00 Bb	0,00 B	0,00 B	4,00 Aab
20cm	1,75 ABa	2,25 ABa	0,50 B	0,50 B	3,00 Ab
Médias	0,45	0,55	0,35	0,10	4,15
CV (%)	22,57				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 12: Média do número de plantas de *Ricinus communis* 30 dias após a aplicação.

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
1cm	0,00 B	0,50 B	0,00 B	0,00 B	2,75 Aa
5cm	0,00 B	0,25 B	0,00 B	0,00 B	3,00 Aa
10cm	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	3,00 Aa
15cm	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	2,50 Aa
20cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 b
Médias	0,00	0,15	0,00	0,00	2,25
CV (%)	13,77				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

Analisando as avaliações da média geral do número de plantas aos 30 DAA que englobou todas as profundidades (Tabelas 11 e 12), é notório a relação destas avaliações das duas espécies com o controle visual aos 30 DAA, indicando que para as espécies *M. aterrima* e *R. communis* todos os herbicidas apresentaram controle excelente, tendo como base os valores apresentados no tratamento testemunha, corroborando com os trabalhos de Silva et al. (2012) e Ferreira et al. (2020), que concluíram que para as espécies *M. aterrima* e *R. communis*, respectivamente, os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone apresentam elevada eficácia de controle, afetando significativamente o número de plantas remanescentes após a aplicação em pré-emergência.

Sobre o número de plantas remanescentes em cada profundidade dentro de cada tratamento, é possível concluir, também, a relação das tabelas das duas espécies (Tabelas 11 e 12) com as avaliações de 30 DAA, indicando que para a espécie *M. aterrima* o controle foi afetado na profundidade de 20 cm, apresentando maior média do número de plantas apenas nos tratamentos a base de amicarbazone não diferindo do tratamento testemunha. Enquanto para a espécie *R. communis*, o controle foi excelente em todas profundidades de todos tratamentos herbicidas. Desse modo, é possível concluir que os herbicidas a base de amicarbazone foram eficazes na diminuição do número de plantas das duas espécies em praticamente todas as profundidades avaliadas, exceto na profundidade de 20 cm para a espécie *M. aterrima*, corroborando com a hipótese da lixiviação do produto nessa camada, gerando menor concentração no momento em que houve a emergência das plântulas.

No tratamento testemunha pôde ser observado que a profundidade de semeadura gerou diferenças no número de plantas, fato correlacionado com a menor emergência devido ao aumento da profundidade, como observado em várias espécies de plantas por Bachega (2009). Porém, tal efeito pode ser observado nitidamente a partir da camada de 20 cm de ambas as espécies. Todavia, mesmo nessa camada, a espécie *M. aterrima* possuiu boa emergência, devido ao fato de ser uma espécie que possui sementes grandes, com grande quantidade de reservas, permitindo emergir em grandes profundidades, aumentando suas chances de se perpetuar (PITELLI & DURIGAN, 2001)

Após a contabilização do número de plantas por tratamento, foi realizada a pesagem para a determinação de matéria seca de ambas as espécies, assim gerando outra variável para corroborar com os resultados de controle (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13: Média da matéria seca por planta de *Mucuna aterrima* 30 dias após a aplicação. (Números expressos em g).

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
1cm	0,06 Bb	0,05 Bb	0,05 B	0,00 B	2,12 Aab
5cm	0,05 Bb	0,04 Bb	0,08 B	0,00 B	2,39 Aa
10cm	0,00 Bb	0,00 Bb	0,04 B	0,00 B	1,93 Ab
15cm	0,00 Bb	0,00 Bb	0,00 B	0,00 B	1,49 Ac
20cm	0,37 Ba	0,39 Ba	0,08 C	0,08 C	1,46 Ac
Médias	0,10	0,10	0,05	0,02	1,88
CV (%)	5,58				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 14: Média da matéria seca por planta de *Ricinus communis* 30 dias após a aplicação. (Números expressos em g).

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
1cm	0,00 B	0,12 B	0,00 B	0,00 B	2,32 Aa
5cm	0,00 B	0,05 B	0,00 B	0,00 B	3,00 Aa
10cm	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	2,93 Aa
15cm	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	2,61 Aa
20cm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 b
Médias	0,00	0,03	0,00	0,00	2,17
CV (%)	13,22				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

Para as duas espécies, foi observado o efeito dos herbicidas no controle geral que é a média que englobou todas as profundidades, sendo notório a diferença de todos os tratamentos herbicidas em relação à testemunha, apresentando excelentes porcentagens de redução de matéria seca, com valores de 100% ou muito próximos, corroborando com Bressanin (2015), que evidenciou redução de 95% da matéria seca de *M. aterrima* pela aplicação em pré-emergência do sulfentrazone, e redução de 100% para o herbicida amicarbazone, aplicando-se o mesmo efeito para a espécie *R. communis* que segundo Zera (2011) observou elevada redução da matéria seca pelo sulfentrazone.

Analisando as profundidades isoladas em cada tratamento herbicida, pôde-se observar que para a espécie *M. aterrima* todos herbicidas apresentaram redução satisfatória da matéria seca em todas as profundidades em relação à testemunha. Porém, na profundidade de 20 cm, os herbicidas a base de amicarbazone diferiram das demais profundidades e também em relação aos herbicidas a base de sulfentrazone, corroborando com os resultados de controle apresentados anteriormente na avaliação de 30 DAA.

Para a espécie *R. communis*, todos os herbicidas em todas as profundidades apresentaram elevada redução da matéria seca, diferindo em relação à testemunha, e não apresentando diferenças entre si em relação às profundidades. Fato devido ao elevado controle apresentado anteriormente na avaliação de 30 DAA.

Para o efeito de comparação de formulações que possuíam o mesmo ingrediente ativo, ficou evidenciado em todas as avaliações sobre as plantas *M. aterrima* e *R. communis*, que não existiram diferenças significativas entre os herbicidas Dinamic 700 WG e Magneto 500,

cujo ingrediente ativo é o amicarbazone, também não havendo diferenças para os herbicidas a base de sulfentrazone Boral® 500 SC e Ponteirobr® 500 SC.

Em um estudo de formulações de herbicidas, Velini et al. (2002) concluíram diferenças quantitativas na remoção de duas formulações do herbicida tebuthiuron em diferentes quantidades de palhada de cana-de-açúcar após simulação de diferentes lâminas de chuva, concluindo que a formulação Combine 500 SC resultou a remoção de 25% mais tebuthiuron da palha em relação à formulação Perflan 800 BR. Desse modo, para um resultado mais conclusivo da diferença de formulações dos herbicidas do presente estudo sobre as plantas *M. aterrima* e *R. communis* é necessário a realização de novos experimentos analisando diferentes variáveis sobre diferentes condições edafoclimáticas.

2.4 CONCLUSÃO

Os herbicidas a base de amicarbazone e sulfentrazone apresentam excelente controle sobre as espécies *M. aterrima* e *R. communis*.

Os herbicidas a base de amicarbazone, na espécie *M. aterrima*, apresentam menor controle na profundidade de 20 cm em relação aos herbicidas a base de sulfentrazone.

As formulações com o mesmo ingrediente ativo não diferem entre si em relação ao controle de ambas espécies.

REFERÊNCIAS

ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GIROTTO, M.; CARBONARI, C. A., GOMES, G. L. G. C.; TRINDADE, M. L. B.. Avaliação da intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar e *I. grandifolia* ao amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 869-875, 2011.

ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. *Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas*. **ALAM**, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.

BACHEGA, T. F.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A.; SAES, L. P.; BOSCHIERO, M. Lixiviação de sulfentrazone e amicarbazone em colunas de solo com adição de óleo mineral. **Planta Daninha**, Viçosa MG, vol 27, n°2, abril 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes (RAS). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p, 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 20 Set. 2021.

BRESSANIN, F. N.; GIANCOTTI, P. R. F.; NETO, N. J.; AMARAL, C. L.; ALVES, P. L. C. A. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife-PE, v.10, n.3, p.426-431, 2015.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de ipomoea quamoclit, i. triloba e merremia cissoides aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CARBONARI, C. A.; Toledo, R. E. B.; Velini, E. D.; Negrisoni, E.; Correa, M. R.; ROSSI, C. V. S. Efeitos de diferentes condições de umidade do solo e profundidade de germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria* spp. Sobre a eficácia do herbicida amicarbazone. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina, v. 8, n. 3, p. 68-74, 2009a.

CARBONARI, C. A. Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. 2009. **Tese (doutorado) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu**, 2009b.

CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da PROTOX (Grupo E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Piracicaba: HRAC-BR, p. 69-77, 2008.

CORREIA, N. M. Eficácia do mesotrione aplicado isolado e em mistura para o controle de corda-de-viola e de mucunapreta em cana-soca. *Álcoolbras*, n.133, p.46-51, 2011.

FERREIRA, J. H. S.; OLIVEIRA, A. S.; DUARTE, D. G.; ALMEIDA, F. J.; PAES, J. S.; DELGADO, C. H. O. Eficácia do amicarbazone e flumioxazim no controle de merremia aegyptia, mucuna aterrima e ricinus communis no sistema de cana crua. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina – PR, vol. 19, n. 03, p. 1-7, jul.-set, 2020.

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

GIMENES, R. DINAMIC: O novo herbicida da Hokko do Brasil para cana-de-açúcar. *STAB*, Piracicaba, v.22, n.4, p.23-24, 2004.

GONÇALVES, E. P. Emergência de plântulas de mamona provenientes de diferentes profundidades de semeadura. In: **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, PB – 2010.

HESS, F. D. Adjuvants. In: **HERBICIDE ACTION COURSE**, 1997, West Lafayette. Proceeding. p.38-61. West Lafayette: Purdue University, 1997.

HOLLOWAY, P. J. Physicochemical factors influencing the adjuvants – Enhance spray deposition and coverage of foliage-applied agrochemicals. In: HOLLOWAY, P. J.; REES, R. T.; STOCK, D. (Ed.). **Interactions between adjuvants, agrochemicals and target organisms**. p.83-106. Berlim: Springer-Verlag, 1994.

JAVARONI, R. C.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alachlor em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 22, p. 58-64, 1999.

MALKONES, H. P. Comparison of the effects of differently formulated herbicides on soil microbial activities – a review. **J. Plant Dis. Protect.**, v. 8, p. 781-789, 2000.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; ZUCARELI, C.; MARTINS, C. C. Viabilidade de sementes de mucuna-preta em função do tamanho, da maturação e da secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, n.1, p.107-112, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Biologia e manejo de plantas daninhas: Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. cap. 9, p. 1-16. Curitiba-PR: **Omnipax**, 2011.

OLIVEIRA V. B.; AZANIA C. A. M.; SIQUEIRA M. E., SOUZA, M. A. S.; CHAVES, A. R. C. S.; BONETI, J. E. B. Amicarbazone e sulfentrazone utilizados no controle inicial de sementes de mucuna-preta e mamona localizadas em diferentes profundidades do solo. **STAB** 36:28-31, 2018.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: DIAZ ROSSELLO, R. (Coord.). **Siembra directa en Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001. p. 203-210.

PPDB. Pesticide Properties DataBase. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>>. Acesso em: 28 Fev. 2021.

RAMIA V. V.; PAVANI JR J. D.; SCHIAVETTO A. R.; PIZZO I. V.; AZANIA C. A. M.; AZANIA A. A. P. M. Manejo Químico de *Ricinus communis* utilizando herbicidas seletivos à cana-de-açúcar. 28:38-41. **STAB**. 2009.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7ª ed., Londrina, p. 764, 2018.

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**. 28:21-32. 2015.

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**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 589-597, 2012.

THEISEN, G.; ANDRES, A.; SILVA, S. dos A. Seletividade de herbicidas à cultura da mamona. In: **Congresso Brasileiro de Mamona**, 2., 2006. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005.

TOLEDO, R. E. B. Dinamic (amicarbazone) – novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: **Congresso**

Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 24., 2004, São Pedro. Anais... São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 451, 2004.

TOLEDO, R. E. B.; PERIM, L.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; VELINI, E. D. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.319-326, 2009.

TROSTLE C.; WALLACE S.; AULD D. Keys and concerns for castor production in texas: the 'first things' you need to know. In: **AgriLife Extension**. Anais...Texas, p.7. 2012.

TUKEY, J.W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, **Hoboken**, v.5, n.2, p.99-114, 1949.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. (**Embrapa Trigo. Documentos Online**, 56). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006.

VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R.; CAVENAGHI, A. L.; MARTIS, D.; MAGALHÃES, P. M. Dinâmica de tebuthiuron em palhada de cana-de-açúcar. Efeito do orvalho, lâminas e intervalos sem chuva após a aplicação. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 23., 2002b, Gramado. p.155. Anais...Gramado: SBCPD, 2002.

VIDAL, R. A.; MEROTTO, JR. Herbicidologia. 152p. Porto Alegre: **Evangraf**, 2001.

ZERA, F. S.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; LORENZATO, C. M.; FREITAS, G. B.; AZANIA A. A. P. M. Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus** 8:453-462, 2011.

3. LIXIVIAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE AMICARBAZONE E SULFENTRAZONE NO CONTROLE DE MUCUNA PRETA E MAMONA

RESUMO

A lixiviação dos herbicidas é o meio de transporte fundamental das moléculas no perfil do solo. Vários fatores podem afetar a lixiviação dos herbicidas quando aplicados ao solo, dentre eles estão a formulação do produto comercial que pode influenciar no controle e a cobertura com palha. As plantas *M. aterrima* e *R. communis* podem superar elevada quantidade de palha e apresentam difícil controle nas áreas de cana-de-açúcar devido a sua capacidade de emergir em diferentes profundidades. Os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone tem gerado resultados positivos no controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis*. Estes herbicidas são registrados para a cana-de-açúcar em diferentes marcas comerciais e formulações e tem seu efeito de controle sobre estas espécies afetado pela adsorção na palhada e pela lixiviação no perfil do solo. Assim, objetivou-se estudar a lixiviação de formulações dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone no controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis*. Dois ensaios foram conduzidos com a mesma metodologia para cada espécie e foram realizados em casa de vegetação, ambos implantados em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial 4x5 com 6 repetições, sendo cada repetição um vaso de 0,25L com 9 cm de diâmetro x 8 cm de comprimento. Os tratamentos foram compostos de 4 intervalos de profundidades: 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm e 4 herbicidas sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação. A avaliação de controle visual foi realizada aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura e aos 30 DAA foi realizada a contagem das plantas remanescentes e sua respectiva matéria seca. Os herbicidas a base de sulfentrazone lixiviaram suficientemente da palha da cana-de-açúcar até 5 cm de profundidade, apresentando um bom controle para a espécie *M. aterrima* e um excelente controle para a espécie *R. communis*. Os herbicidas a base de amicarbazone não lixiviaram suficientemente da palha da cana-de-açúcar, para controlar de forma satisfatória ambas espécies nas profundidades avaliadas. A matéria seca da espécie *R. communis* foi reduzida por todos herbicidas até 10 cm de profundidade. A matéria seca da espécie *M. aterrima* foi reduzida até 10 cm pelos herbicidas a base de amicarbazone e até 5 cm pelos herbicidas a base de sulfentrazone. Não houve diferença de controle entre as formulações do mesmo ingrediente ativo em nenhuma profundidade avaliada em ambas as espécies.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., Mucuna preta, Mamona, Escorrimento vertical, Produto comercial, Triazolinonas

ABSTRACT

Herbicide leaching is the fundamental mean of transporting molecules in the soil profile. Several factors can affect the leaching of herbicides when applied to the soil, among them is the formulation of the commercial product that can influence the control and coverage with straw. Plants *M. aterrima* and *R. communis* can overcome a high amount of straw and are difficult to control in sugarcane areas due to their ability to emerge at different depths. The herbicides amicarbazone and sulfentrazone have generated positive results in the control

of *M. aterrima* and *R. communis* species. These herbicides are registered for sugarcane in different commercial brands and formulations, and their control effect on these species is affected by adsorption in straw and by leaching in the soil profile. Thus, the objective was to study the leaching of formulations of the herbicides sulfentrazone and amicarbazone in the control of the species *M. aterrima* and *R. communis*. Two trials were conducted with the same methodology for each species and were carried out in a greenhouse, each one was implemented in a completely randomized design in a 4x5 factorial scheme with 6 repetitions, with each repetition being a 0.25L pot, 9 cm in diameter x 8 cm in length. The treatments consisted of 4 depth intervals 0-5, 5-10, 10-15 and 15-20 cm and 4 herbicides, two of which with the active ingredient based on sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ and Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹), and the other two herbicides based on the active ingredient amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ and Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), plus a control without application. The visual control evaluation was carried out at 14, 21 and 28 days after sowing and at 30 DAA the remaining plants and their respective dry matter were counted. The sulfentrazone-based herbicides leached sufficiently from the sugarcane straw to a depth of 5 cm, showing a good control for the species *M. aterrima* and an excellent control for the species *R. communis*. The amicarbazone-based herbicides did not leach sufficiently from the sugarcane straw to satisfactorily control both species at the depths evaluated. The dry matter of the species *R. communis* was reduced by all herbicides up to 10 cm in depth. The dry matter of the *M. aterrima* species was reduced up to 10 cm by the amicarbazone-based herbicides and up to 5 cm by the sulfentrazone-based herbicides. Was no difference in control between the formulations of the same active ingredient at any depth evaluated in both species.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., Velvet bean, Castor bean, Vertical runoff, Commercial product, Triazolinones

3.1 Introdução

A lixiviação dos herbicidas é o meio de transporte fundamental das moléculas no perfil do solo. A lixiviação é o movimento descendente da água realizado pela diferença de potencial, sendo o meio o qual os herbicidas se movimentam no perfil do solo (PRATA et al., 2003). A lixiviação é de extrema importância para vários herbicidas poderem exercer o controle sobre diferentes espécies que germinam em diferentes profundidades, porém, o excesso da lixiviação pode afetar a ação dos herbicidas e aumentar a contaminação de águas subterrâneas (VELINI, 1992).

Vários fatores podem afetar a lixiviação dos herbicidas quando aplicados ao solo, dentre eles está a formulação do produto comercial que pode influenciar no controle e a cobertura com palha, que pode afetar a persistência do herbicida e adsorver as moléculas, limitando a liberação para o solo (REDDY et al., 1995; OLIVEIRA JR, 2011).

A cana-de-açúcar, após a colheita ser realizada mecanicamente em larga escala, gerou

grande quantidade de palhada disposta no solo, podendo chegar até 20t ha⁻¹. São registrados vários herbicidas com várias formulações para a cana-de-açúcar que tem seu uso em pré-emergência, tendo o solo como o alvo destes herbicidas. Desta forma, muitos herbicidas utilizados para a cultura podem ter a dinâmica afetada por apresentarem distintas solubilidade e adsorvidade na palhada (SOUZA et al., 2005; CHRISTOFFOLETI & OVEJERO, 2005). Conhecer a dinâmica do herbicida no solo, como suas características físico-químicas, é fundamental para o controle de várias espécies, tornando possível a regulação na dose adequada (ROSSI, 2004).

Mesmo que a maioria dos canaviais apresentam elevada quantidade de palha, várias espécies de plantas daninhas podem germinar em profundidades e superar a quantidade de palha, fazendo com que o controle seja necessário. Essa quantidade de palha e as condições edafoclimáticas dificultam o controle, selecionando alguns herbicidas para o uso (ROSSI, 2004).

As plantas *M. aterrima* e *R. communis* podem superar elevada quantidade de palha e apresentam difícil controle nas áreas de cana-de-açúcar devido a sua capacidade de emergir em profundidades por conta da quantidade de material de reserva presente nas sementes (CORREIA & KRONKA JUNIOR, 2010). Segundo Zera et al. (2011), Silva et al. (2015) e Bressanin et al. (2015), os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone têm gerado resultados positivos no controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis*.

O herbicida sulfentrazone possui excelente atividade pré-emergente no solo para controle de plantas daninhas dicotiledôneas e diversas espécies monocotiledôneas (FMC, 1995). Dentre as características químicas principais pode-se destacar o elevado tempo residual no solo ($t_{1/2} = 110$ a 280 DAA), alta solubilidade em água ($S_w = 780$ mg L⁻¹ a 20 °C), coeficiente de sorção ($K_{oc} = 43$ mL g⁻¹), que confere mobilidade no solo e baixa lipofilicidade com meio orgânico ($pK_a = 6,56$ a 25° C e $\log K_{ow} = 0,091$ em pH 7 e 20 °C) segundo as informações do PPDB (2019).

O herbicida amicarbazone pertence ao grupo químico das triazolinonas e possui enorme resistência a períodos secos e elevado período residual (GIMENES, 2004). É um herbicida de grande importância na cultura da cana-de-açúcar devido as suas características químicas que favorecem um elevado controle nessas espécies, como por exemplo meia vida de três a seis meses, elevada solubilidade em água ($S_w = 4600$ mg L⁻¹ a 20°C), coeficiente de sorção ($K_{oc} = 30$ mL g⁻¹), que confere mobilidade no solo e não se dissocia em meio ácido ou básico e adequada lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = 1,23$ em pH 7 e 20 °C)

segundo informações do PPDB (2019). O amicarbazone possui degradação microbiana e sua persistência no solo, como o tempo de meia vida, é afetado pelo solo, clima, dose, quantidade de matéria orgânica e, principalmente, pela chuva (CARBONARI et al., 2009).

Segundo os autores Cavenaghi et al. (2007) e Correia et al. (2013), dependendo da quantidade de chuva pode ocorrer a remoção suficiente dos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone de uma elevada quantidade de palha e, segundo Bachega et al. (2009), assim que estes herbicidas atingem o solo podem ser lixiviados em grandes profundidades.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a lixiviação de formulações dos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone no controle das espécies *M. aterrima* e *R. communis*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos com a mesma metodologia para cada espécie (*M. aterrima* e *R. communis*) e realizados em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), situada no município de Piracicaba/SP, Brasil, no período de 30 de abril de 2021 a 8 de junho de 2021. Os ensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5 com 6 repetições, sendo cada repetição um vaso de 0,25 L com 9 cm de diâmetro x 8 cm de comprimento.

Os tratamentos foram compostos de 4 intervalos de profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm e 4 herbicidas sendo dois destes com o ingrediente ativo a base de sulfentrazone (Boral® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹ e Ponteirobr® 500 SC; 800 g i.a ha⁻¹) e os outros dois herbicidas a base do ingrediente ativo amicarbazone (Dinamic 700 WG; 1400 g i.a ha⁻¹ e Magneto 500 SC; 1400 g i.a ha⁻¹), mais uma testemunha sem aplicação de herbicidas.

Para o estudo da lixiviação foi utilizada uma adaptação da metodologia realizada por Monquero et al. (2008), que consiste no uso de colunas de PVC com solo para simular a lixiviação dos herbicidas em situação de campo.

No mês de abril foram adquiridos os tubos de PVC que possuíam 10 cm de diâmetro. Estes tubos foram cortados em seções de 30 cm, totalizando 30 colunas para cada experimento. A fim de evitar escoamento lateral da solução do solo, os tubos foram envoltos internamente por uma camada de parafina. Na parte basal, para reter toda a estrutura do solo, foram colocadas telas de sombrite de malha 50%. O solo utilizado foi o mesmo descrito nos

capítulos anteriores possuindo as mesmas características físico-químicas. No dia 28 de abril, o solo foi peneirado e as colunas preenchidas. Após o preenchimento, foi adicionada a palha da cana-de-açúcar na quantidade correspondente a $10t\ ha^{-1}$ – esta palha da cana-de-açúcar foi retirada do solo de área de produção de cana pertencente ao departamento de produção vegetal e passou pelo mesmo procedimento de secagem e pesagem descrito nos capítulos anteriores.

Após a montagem das colunas, estas foram acondicionadas em casa-de-vegetação e submetidas à irrigação por capilaridade, até o topo ter atingido a saturação. Em seguida, a irrigação foi suspensa, permitindo-se o escoamento da água durante 48 horas, a fim de restaurar sua capacidade de campo.

No dia 30 de abril, às 8 horas, foi realizada a aplicação dos herbicidas com auxílio de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido de barra contendo quatro pontas de pulverização do tipo leque XR 110.02, com espaçamento entre bicos de 0,5 m, posicionadas a 0,5 m da superfície das colunas e volume de aplicação de $200\ L\ ha^{-1}$. As doses utilizadas foram de $800\ g\ i.a\ ha^{-1}$ para os herbicidas Boral® 500 SC e Ponteirobr® 500 SC e de $1400\ g\ i.a\ ha^{-1}$ para os herbicidas Dinamic 700 WG e Magneto 500 SC. Após a aplicação, as colunas foram levadas novamente para a casa-de-vegetação.

No mesmo dia, às 16 horas, as colunas foram retiradas em grupo dos herbicidas, que foram aplicados e colocadas sob simulador de chuva localizado no mesmo departamento. A intensidade de precipitação foi de $1\ mm\ min^{-1}$, e as colunas permaneceram por cerca de 20 minutos indicando uma simulação de 20 mm que foi aferida no pluviômetro que foi instalado em uma das colunas. Após a simulação, as colunas foram acondicionadas novamente na casa-de-vegetação e permaneceram em repouso por 72 horas, quando, então, no dia 3 de maio, foram abertas e colocadas na posição horizontal e, com auxílio de uma régua, foram demarcadas as seções correspondentes de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, retiradas de forma cuidadosa e colocadas nos vasos de 0,25L. No total, foram utilizados 120 vasos para cada experimento, sendo 6 para cada seção de profundidade, totalizando 24 para cada herbicida, mais 24 para a testemunha.

No dia posterior, foi realizada a semeadura de ambas as espécies. As sementes de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* eram do mesmo lote do experimento do segundo capítulo, possuindo a mesma taxa de germinação de 68% e 70%, respectivamente. Foram semeadas 10 sementes por vaso e, após a semeadura, os vasos foram dispostos em uma bancada sob pratos plásticos para a irrigação, que foi mantida sempre que houve necessidade.

A avaliação de eficácia de controle (%) foi realizada aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura. A avaliação utilizada foi a de escala visual de 0 a 100%, sendo que 0% representa nenhum controle e 100% controle total das plantas daninhas (ALAM, 1974) (Tabela 15). Aos 30 dias após a semeadura, as plantas foram contabilizadas por repetição, cortadas rentes ao solo e levadas para determinação da matéria seca, sendo acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias, até ocorrer toda perda de umidade. Após a secagem, as repetições foram pesadas e realizada a média do peso seco por planta por repetição.

Tabela 15: Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas (ALAM, 1974).

Porcentagem (%)	Grau de Controle
0 - 40	Nenhum a pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bom
81 - 90	Muito Bom
91 - 100	Excelente

Após o termino das avaliações e de tabulação dos dados, foi aplicado inicialmente a análise de variância, pelo teste F ($p < 0,05$), a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo Teste de Levene. Para o teste de médias foi utilizado o método de Tukey (1949) ($p < 0,05$), e os dados que necessitaram de serem transformados foi aplicada a função \sqrt{x} , porem as tabelas foram realizadas com os dados originais. A estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico software R.

A regressão foi realizada com o auxílio do programa estatístico software R, e os gráficos realizados pelo programa Microsoft Excel.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 14, 21 e 28 dias foram realizadas as avaliações de controle por escala visual (ALAM, 1974) (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16: Controle visual geral das plantas de *Mucuna aterrima* aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura. Os números representam porcentagem de controle 0-100%, ALAM (1974).

Profundidade / Herbicida	14 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	3,33 B	4,17 Ba	76,67 Aa	83,33 Aa
5 - 10cm	1,67 BC	0,00 Cb	10,00 Ab	5,00 ABb
10 - 15cm	0,00	0,00 b	4,17 c	2,50 b
15 - 20cm	0,00	0,00 b	1,67 c	0,83 b
Médias	1,25	1,04	23,13	22,92
CV (%)	28,72			
Profundidade / Herbicida	21 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	9,17 B	12,50 B	80,00 Aa	78,33 Aa
5 - 10cm	9,17	11,00	11,33 b	13,83 b
10 - 15cm	8,17	8,33	12,17 b	11,67 b
15 - 20cm	8,00	9,00	12,17 b	11,33 b
Médias	8,63	10,20	28,92	28,79
CV (%)	18,55			
Profundidade / Herbicida	28 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	14,67 Ba	14,83 Ba	82,50 Aa	76,67 Aa
5 - 10cm	13,67 a	13,00 a	12,33 b	12,00 b
10 - 15cm	8,83 b	9,00 b	10,50 b	10,00 b
15 - 20cm	8,33 b	8,83 b	9,67 b	9,33 b
Médias	11,38	11,42	28,75	27,00
CV (%)	7,98			

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Tabela 17: Controle visual geral das plantas de *Ricinus communis* aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura. Os números representam porcentagem de controle 0-100%, ALAM (1974).

Profundidade / Herbicida	14 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	0,83 B	2,50 B	84,17 Aa	85,83 Aa
5 - 10cm	0,83 AB	0,00 B	3,33 ABb	4,17 Ab
10 - 15cm	0,83	0,83	0,83 b	0,83 bc
15 - 20cm	0,00	0,00	0,00 b	0,00 c
Médias	0,63	0,83	22,08	22,71
CV (%)	25,73			
Profundidade / Herbicida	21 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	9,00 B	14,50 B	90,83 Aa	92,50 Aa
5 - 10cm	14,50 B	13,00 B	25,17 Ab	25,00 Ab
10 - 15cm	13,33	14,50	16,63 c	15,33 c
15 - 20cm	12,83	13,66	15,67 c	16,00 c
Médias	12,42	13,91	37,08	37,21
CV (%)	10,11			
Profundidade / Herbicida	28 dias			
	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)
0 - 5cm	13,17 Ba	13,50 Ba	95,83 Aa	96,67 Aa
5 - 10cm	14,17 a	14,17 a	19,17 b	18,17 b
10 - 15cm	10,33 ab	10,33 ab	11,33 c	10,83 c
15 - 20cm	8,17 b	8,00 b	10,00 c	10,00 c
Médias	11,46	11,50	34,08	33,92
CV (%)	10,70			

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Aos 14 DAS, foi observado, para as duas espécies, o efeito herbicida dos produtos utilizados. Para ambas as espécies, os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram controle geral que é a média que englobou todas profundidades maior do que os herbicidas a base de amicarbazone.

Nas profundidades isoladas, verificou-se, na primeira avaliação, que os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram elevado controle na profundidade de 0 até 5 cm nas duas espécies, diferindo das demais profundidades, indicando maior concentração do sulfentrazone nessa faixa do perfil do solo.

Os herbicidas a base de amicarbazone não apresentaram elevado controle nas duas espécies, apenas foi observado diferença na espécie *M. aterrima* quando analisado o herbicida Magneto 500 SC, que demonstrou maior controle na profundidade de 0 até 5 cm, porém, tal efeito não pode ser considerado conclusivo na primeira avaliação devido ao fato do mecanismo de ação do herbicida possuir ação lenta de controle, efeito também observado por Campos et al. (2009) no controle de *Ipomoea quamoclit*, *I. triloba* e *Merremia cissoides* por amicarbazone aos 15 DAA.

Na comparação entre produtos, foi observado, nas duas espécies, que na profundidade 0 a 5 cm houve diferença apenas entre os mecanismos de ação, onde os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram elevado índice de controle comparado com os herbicidas a base de amicarbazone. Na profundidade 5 a 10 cm, todos os herbicidas apresentaram baixo controle nas duas espécies, porém, com os herbicidas a base de sulfentrazone apresentando melhores índices. Foi observado que na espécie *M. aterrima*, o herbicida Boral® 500 SC diferiu dos dois herbicidas a base de amicarbazone e o herbicida Ponteirobr® 500 SC diferiu do herbicida Magneto 500 SC. Na espécie *R. communis* apenas o herbicida Ponteirobr® 500 SC apresentou diferença estatística, diferindo do herbicida Magneto 500 SC que apresentou índice de controle de 0%.

Na avaliação de 21 DAS, foi observado, para ambas as espécies, o aumento do controle geral dos herbicidas a base de amicarbazone e sulfentrazone, porém, com os herbicidas a base de sulfentrazone apresentando maior controle em relação aos herbicidas a base de amicarbazone.

Nas profundidades isoladas, os herbicidas a base de amicarbazone obtiveram aumento em todas as profundidades para as duas espécies, com nenhuma profundidade diferindo estatisticamente. Para os herbicidas a base de sulfentrazone a profundidade de 0 a 5 cm continuou demonstrando o melhor controle dos produtos na duas espécies, diferindo das demais profundidades. Na espécie *R. communis*, estes herbicidas a base de sulfentrazone geraram controle na profundidade de 5 a 10 cm significativamente maior do que nas profundidades 10 a 15 e 15 a 20 cm, o que não foi observado para espécie *M. aterrima*, onde essas profundidades não diferiram entre si.

Na comparação dos produtos, houve apenas diferenças entre mecanismos de ação, nos quais os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram melhor controle, diferindo dos herbicidas a base de amicarbazone na profundidade de 0 a 5 cm na espécie *M. aterrima*, e nas profundidades 0 a 5 e 5 a 10 cm na espécie *R. communis*.

Na avaliação de 28 DAS, o controle geral foi maior para os herbicidas a base de sulfentrazone nas duas espécies, porém, ainda assim, o controle não foi satisfatório com porcentagens inferiores a 40% sendo considerado um controle pobre.

Nas profundidades isoladas, foi observado que os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram elevado controle na camada superficial de 0 a 5 cm, diferindo das demais profundidades nas duas espécies. Porém, na espécie *R. communis*, o controle pode ser considerado excelente, com índices de controle acima de 95%. Já na espécie *M. aterrima*, o controle na camada de 0 a 5 cm se manteve na faixa de 80%, indicando que a quantidade necessária do herbicida na solução do solo para gerar o controle excelente nesta espécie não foi atingida, induzindo que o herbicida não foi 100% lixiviado da palhada, como observado por Cavenaghi et al. (2002), que observou que apenas 65% do herbicida sulfentrazone foi lixiviado da palha da cana-de-açúcar após uma lâmina de 65 mm de água. Nas profundidades restantes, foi observado baixo nível de controle com os maiores valores para a profundidade de 5 a 10 cm na espécie *R. communis*, diferindo das demais, corroborando com os resultados de Rossi et al. (2005), que observou efeito de controle do sulfentrazone até 12,5 cm de profundidade em sorgo (*Sorghum bicolor*). Para a espécie *M. aterrima*, as profundidades restantes não demonstraram diferenças estatísticas.

Os herbicidas a base de amicarbazone demonstraram baixo controle em todas as profundidades nas duas espécies, com valores abaixo de 15%. Porém, os maiores valores foram observados nas camadas superficiais na espécie *M. aterrima*, na qual as profundidades de 0 a 5 e de 5 a 10 cm diferiram das demais, enquanto na espécie *R. communis* a profundidade de 15 a 20 cm foi a única a diferir das demais apresentando o menor controle.

Na comparação dos produtos, nas duas espécies houve apenas diferenças entre os mecanismos de ação, onde foi observado que os herbicidas a base de sulfentrazone diferiram dos herbicidas a base de amicarbazone apenas na primeira profundidade, de 0 a 5 cm (Figuras 2 e 3).

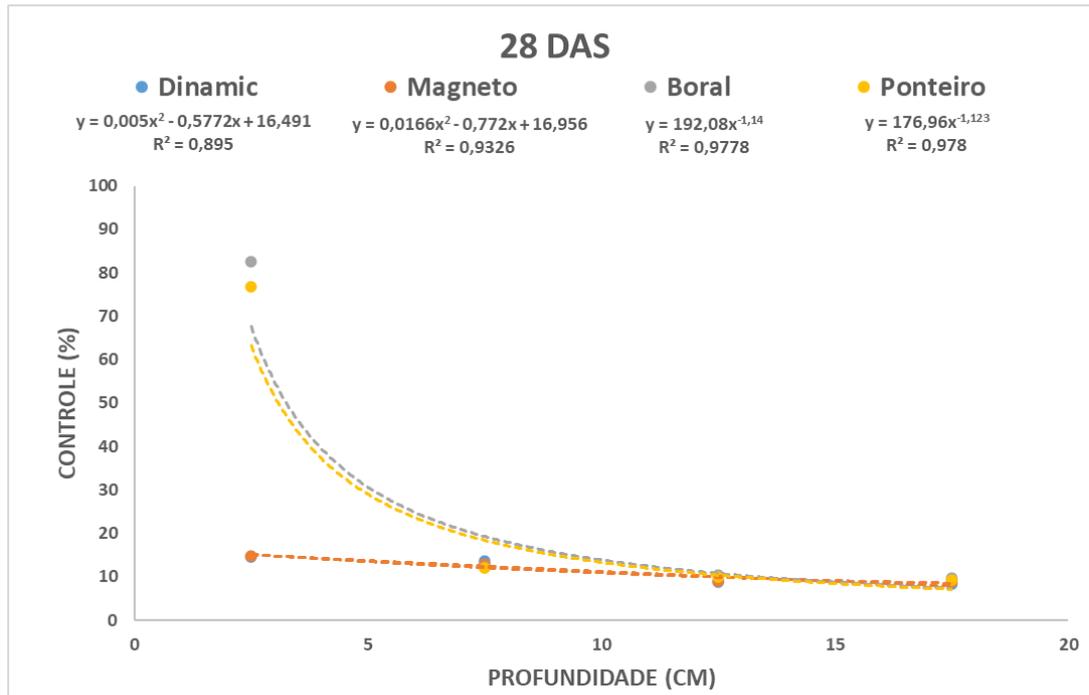


Figura 2: Curvas de controle dos herbicidas x profundidades; (*M. aterrima*) 28 DAS.

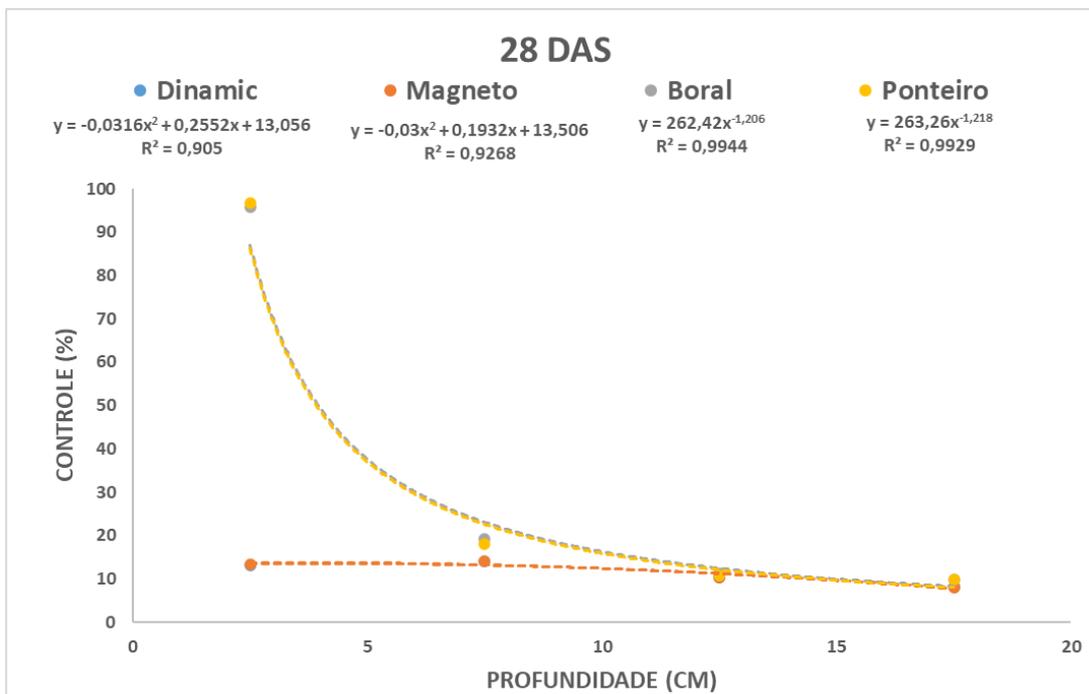


Figura 3: Curvas de controle dos herbicidas x profundidades; (*R. communis*) 28 DAS.

Analisando todas avaliações de controle, pode-se constatar que os herbicidas a base de sulfentrazone apresentaram elevado controle apenas na profundidade de 0 a 5 cm, como observado por Rodrigues et al. (1999), que concluiu elevada redução de plantas de sorgo em

camada de 0 a 5 cm após aplicação do sulfentrazone sobre cobertura morta com simulação de chuva de 20 mm, observando, também, efeito no sorgo em profundidades maiores de 10 cm, o que corrobora com o presente estudo. O elevado controle na primeira camada até 5 cm leva a concluir que o sulfentrazone das duas formulações foi removido em grande parte da palhada, ficando disponível no solo suficientemente para controlar de forma excelente a espécie *R. communis* e apresentar controle bom a muito bom na espécie *M. aterrima*, corroborando com os resultados de Correia et al. (2013), que simularam a mesma quantidade de chuva com a mesma quantidade de palha de cana-de-açúcar, concluindo remoção suficiente do sulfentrazone para controlar de forma excelente as espécies *I. hederifolia* e *I. quamoclit* por até 90 dias sem chuva.

Para o herbicida amicarbazone das duas formulações, foi observado em todas avaliações das duas espécies um baixo controle em todas profundidades indicando que a concentração do herbicida no solo foi baixa ao ponto de apresentar um controle pobre, tendo em vista ser um herbicida altamente eficiente no controle das duas espécies nas doses utilizadas, o que indica que o herbicida permaneceu na palhada da cana-de-açúcar. Segundo Cavenaghi et al. (2006), o amicarbazone, quando aplicado sobre a palha da cana-de-açúcar, fica retido de acordo com a quantidade de palha. No experimento conduzido por esses autores, foi observado a dinâmica do herbicida amicarbazone aplicado sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em diferentes intervalos de tempo, concluindo que uma lâmina de 2,5 mm lixiviou 40% do amicarbazone com 5t ha⁻¹ de palha. Já na quantidade de 10t ha⁻¹ de palha, como no presente estudo, a lixiviação foi de apenas 33% do produto aplicado.

Cavenaghi et al. (2007) concluíram que a quantidade de 20 mm de chuva é a quantidade mínima essencial para uma boa lixiviação do amicarbazone da palha para o solo, porém, essa quantidade não retira 100% do herbicida da palhada, permanecendo cerca de 20% retido quando a chuva ocorre na primeira semana após a aplicação, decrescendo com o passar do tempo até a ocorrência da próxima chuva. Desse modo, pode-se concluir que a quantidade de 10t ha⁻¹ de palha e a quantidade de 20 mm da simulação da chuva não retiraram quantidade suficiente do amicarbazone da palhada para controlar de maneira satisfatória as espécies *M. aterrima* e *R. communis*. Porém, a quantidade retirada foi lixiviada em todo perfil do solo, apresentando controle mesmo que baixo, fato devido a elevada solubilidade do produto corroborando com Carbonari (2009), que salientou que o amicarbazone possui elevada solubilidade o que favorece sua lixiviação.

Após realizada a última avaliação de controle com 30 DAS, foi contabilizado o número remanescente de plantas das duas espécies e realizada a pesagem da matéria seca (Tabelas 18, 19, 20 e 21)

Tabela 18: Média do número de plantas de *Mucuna aterrima* 30 dias após a semeadura.

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
0 - 5cm	4,83	6,33	4,67	3,67	3,83
5 - 10cm	3,83	4,83	4,33	4,00	4,67
10 - 15cm	4,17	4,00	5,67	5,50	4,00
15 - 20cm	3,00	4,17	3,67	5,50	3,67
Médias	3,96	4,83	4,58	4,67	4,04
CV (%)	21,75				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%):

Coefficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Tabela 19: Média do número de plantas de *Ricinus communis* 30 dias após a semeadura.

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
0 - 5cm	5,17 A	5,50 A	2,33 Bb	2,00 Bb	5,00 A
5 - 10cm	5,67	5,83	4,33 ab	4,83 a	5,67
10 - 15cm	4,83	4,00	5,50 a	5,00 a	4,83
15 - 20cm	6,17	5,17	6,00 a	5,83 a	5,33
Médias	5,46	5,13	4,54	4,42	5,21
CV (%)	12,75				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p > 0,05$); CV(%):

Coefficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Tabela 20: Média da matéria seca por planta de *Mucuna aterrima* 30 dias após a semeadura. (Números expressos em g).

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
0 - 5cm	0,42 Bb	0,35 Bb	0,13 Cb	0,17 Cb	0,60 A
5 - 10cm	0,43 BCb	0,41 Cb	0,59 ABa	0,57 ABa	0,60 A
10 - 15cm	0,62 a	0,61 a	0,57 a	0,56 a	0,61
15 - 20cm	0,62 a	0,57 a	0,60 a	0,55 a	0,61
Médias	0,52	0,48	0,47	0,46	0,60
CV (%)	10,65				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Tabela 21: Média da matéria seca por planta de *Ricinus communis* 30 dias após a semeadura. (Números expressos em g).

Profundidade / Herbicida	Dinamic (A)	Magneto (A)	Boral (S)	Ponteiro (S)	Testemunha
0 - 5cm	0,17 Bb	0,18 Bb	0,12 Cc	0,12 Cc	0,25 A
5 - 10cm	0,18 Bb	0,18 Bb	0,17 Bb	0,17 Bb	0,24 A
10 - 15cm	0,20 ab	0,21 ab	0,22 a	0,24 a	0,24
15 - 20cm	0,22 a	0,23 a	0,23 a	0,23 a	0,26
Médias	0,20	0,20	0,19	0,19	0,25
CV (%)	1,13				

Médias isoladas ou sem letras na coluna ou na linha não diferem pelo teste F ($p>0,05$); CV(%): Coeficiente de variação; (A): Amicarbazone; (S): Sulfentrazone; Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey ($p\leq 0,05$); Os dados foram transformados pela função \sqrt{x} .

Nas avaliações de número de plantas remanescentes, não foi observado diferenças na espécie *M. aterrima* em relação a testemunha (Tabela 18). Tal ocorrido pode estar relacionado ao controle apresentado pelos herbicidas, mesmo analisando os herbicidas a base de sulfentrazone na profundidade de 0 a 5 cm que apresentaram o melhor controle, este não foi excelente, permanecendo na faixa de 80% e indicando que apenas foi reduzindo o desenvolvimento das plantas, não provocando a morte destas, fazendo com que tenham a possibilidade de se recuperar com o passar do tempo, como observado por Bressanin et al. (2015), que constataram 90% controle das plantas de *M. aterrima* aos 45 DAA, porém com 120 DAA o controle caiu para 69%, indicando que as plantas remanescentes apresentaram recuperação do efeito do herbicida, deste modo, o controle para ser considerado excelente sem chance de recuperação precisa ser próximo de 100%.

Para a espécie *R. communis*, o mesmo efeito é observado para os tratamentos onde teve baixo controle, fazendo com que o número de plantas não diferisse da testemunha, indicando que a porcentagem de controle foi apenas devido a redução do desenvolvimento e/ou aparecimento de sintomas nas plantas (Tabela 19). Já os herbicidas a base de sulfentrazone, na primeira profundidade de 0 a 5 cm, diferiram da testemunha. Tal efeito se deve ao elevado controle que permaneceu acima de 95%, corroborando com os resultados de Zera et al. (2011) que, aos 30 DAA, observou 96% de controle da *R. communis* após aplicação em pré-emergência do sulfentrazone, diminuindo drasticamente o número de plantas.

A matéria seca calculada para espécie *M. aterrima* foi reduzida significativamente em relação a testemunha em todos tratamentos herbicidas nas profundidades 0 a 5 cm, com os herbicidas a base de sulfentrazone se destacando, diferindo dos herbicidas a base de amicarbazone. Na profundidade 5 a 10 cm, os herbicidas a base de amicarbazone foram os únicos a diferirem da testemunha com destaque para o herbicida Magneto 500 SC, que diferiu dos herbicidas a base de sulfentrazone (Tabela 20 e Figura 4). Os resultados observados corroboram com os de controle da avaliação de 28 DAS e com o estudo de Bressanin et al. (2015), que constataram elevada redução da matéria seca da *M. aterrima* após a aplicação de sulfentrazone e amicarbazone, As demais profundidades não apresentaram redução em relação a testemunha devido ao baixo controle em todos tratamentos herbicidas.

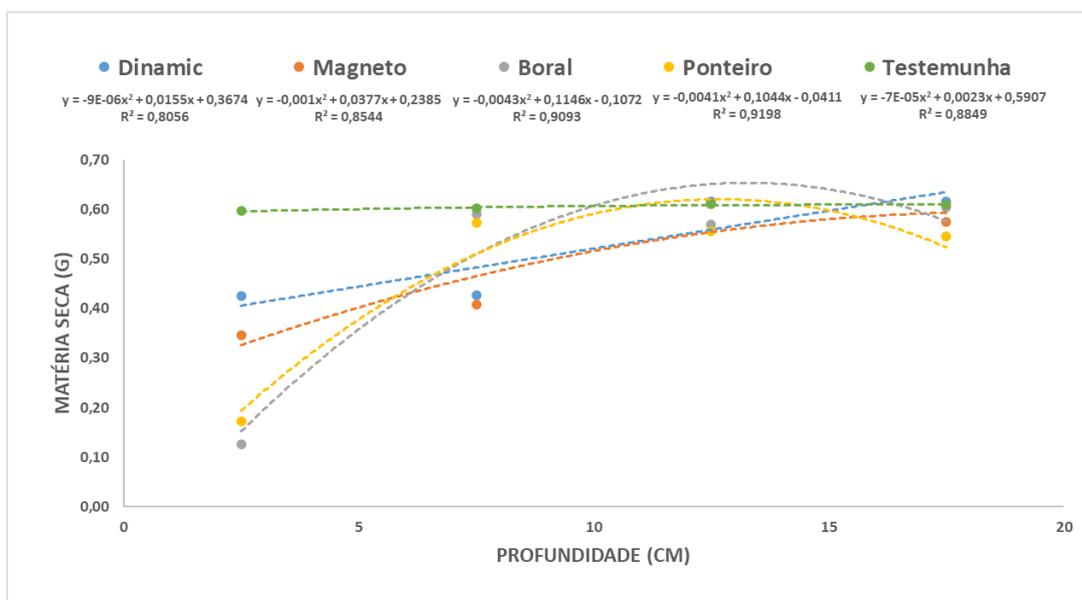


Figura 4: Curvas de redução da matéria seca pelos herbicidas x profundidades; (*M. aterrima*) 30 DAS.

A matéria seca calculada para a espécie *R. communis* demonstrou a mesma relação com a avaliação de controle de 28 DAS, com todos os herbicidas diferindo da testemunha nas profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm, com destaque para os herbicidas a base de sulfentrazone na primeira profundidade de 0 a 5 cm, que apresentou elevada redução da matéria seca, diferindo dos herbicidas a base de amicarbazone (Tabela 21 e Figura 5), corroborando com os resultados apresentados por Zera et al. (2011), Ferreira et al (2020) e Bressanin et al. (2015), que observaram redução da matéria seca das plantas de *R. communis* e *M. aterrima* pelos herbicidas amicarbazone e sulfentrazone. As demais profundidades apresentaram baixa redução, não diferindo da testemunha devido ao baixo controle dos herbicidas. Apenas houve diferenças dentro de cada tratamento herbicida, onde a profundidade 15 a 20 cm apresentou baixo controle nos herbicidas a base de amicarbazone diferindo das demais, e nos herbicidas a base de sulfentrazone, as profundidades 10 a 15 e 15 a 20 cm diferiram das profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm com a primeira profundidade, diferindo de todas por apresentar elevado índice de controle e conseqüentemente elevada redução da matéria seca.

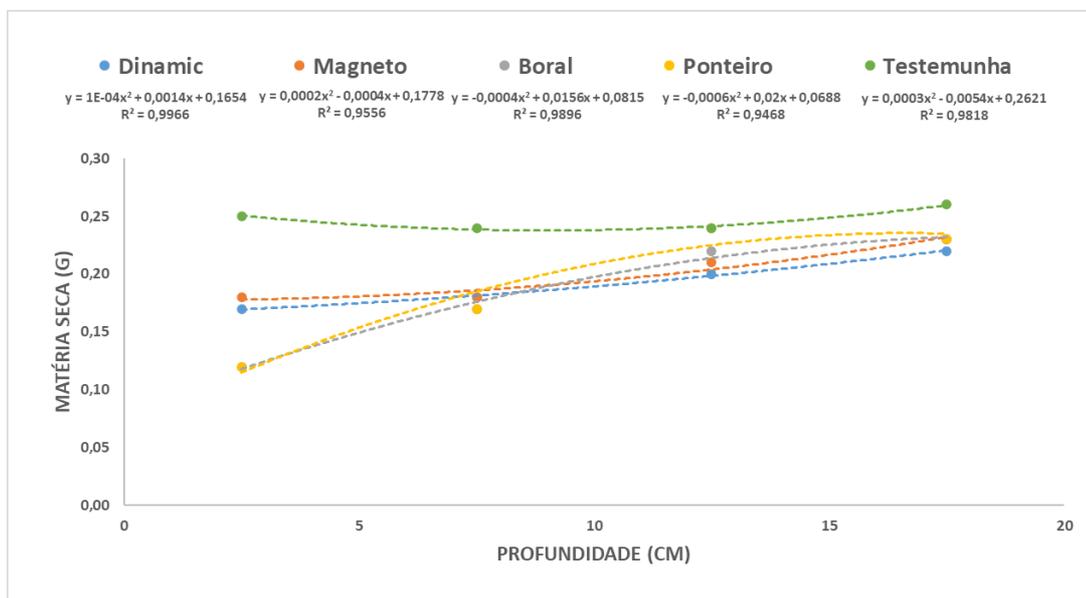


Figura 5: Curvas de redução da matéria seca pelos herbicidas x profundidades; (*R. communis*) 30 DAS.

Em todas as avaliações realizadas, ficou evidenciado que nas condições presentes as formulações que possuíam o mesmo ingrediente ativo não diferiram entre si, corroborando com o capítulo anterior em que herbicidas Dinamic 700 WG e Magneto 500, cujo o

ingrediente ativo é o amicarbazone, não diferiram entre si, como também não houve diferenças para os herbicidas Boral® 500 SC e Ponteirobr® 500 SC cujo o ingrediente ativo é o sulfentrazone. Porém, não é descartado que novos estudos devam ser realizados em outras condições e variáveis.

3.4 CONCLUSÃO

Com uma lâmina de 20 mm de água, os herbicidas a base de sulfentrazone lixiviam suficientemente da palha da cana-de-açúcar até 5 cm de profundidade, apresentando um bom controle para a espécie *M. aterrima* e um excelente controle para a espécie *R. communis*.

Os herbicidas a base de amicarbazone não lixiviam suficientemente da palha da cana-de-açúcar, para controlar de forma satisfatória ambas espécies nas profundidades avaliadas.

A matéria seca da espécie *R. communis* é reduzida por todos herbicidas até 10 cm de profundidade.

A matéria seca da espécie *M. aterrima* é reduzida até 10 cm pelos herbicidas a base de amicarbazone e até 5 cm pelos herbicidas a base de sulfentrazone.

Não há diferença de controle entre as formulações do mesmo ingrediente ativo em nenhuma profundidade avaliada em ambas as espécies.

REFERÊNCIAS

ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.

BACHEGA, T. F.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A.; SAES, L. P.; BOSCHIERO, M. Lixiviação de sulfentrazone e amicarbazone em colunas de solo com adição de óleo mineral. **Planta daninha**, Viçosa MG, vol 27, nº2, abril 2009.

BRESSANIN, F. N.; GIANCOTTI, P. R. F.; NETO, N. J.; AMARAL, C. L.; ALVES, P. L. C. A. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.10, n.3, p.426-431, 2015.

CAMPOS, L. H. F.; FRANCISCO, M. O.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade de ipomoea quamoclit, i. triloba e merremia cissoides aos herbicidas sulfentrazone e amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 831-840, 2009.

CARBONARI, C. A. A. **Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.** Tese (doutorado) Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2009.

CAVENAGHI, A. L.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; COSTA, A.G.F.; ZUCARELLI, C.; TOFOLI, G.R. Dinâmica de herbicidas em palhada de cana-de-açúcar. In: **Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, 8., Recife-PE. 2002. Anais... Piracicaba: STAB, 2002. p.170-174.

CAVENAGHI, A. L.; NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; COSTA, A. G. F.; ZUCARELLI, C.; TOFOLI, G. R. Dinâmica do herbicida imazapic aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 25, Brasília. Resumos... Brasília: SBCPD, 2006. p.360.

CAVENAGHI, A. L.; ROSSI, C. V. S.; , NEGRISOLI E.; , COSTA, E. A. D.; , VELINI, E. D.; TOLEDO, R. E. B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837,2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba, 1 ed. SP. 49 p. 2005

CORREIA, N. M.; CAMILO, E. H.; SANTOS, E. A. Sulfentrazone efficiency on ipomoea hederifolia and ipomoea quamoclit as influenced y rain and sugar cane. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 31, n. 1, p. 165-174, 2013.

CORREIA, N. M.; KRONKA JUNIOR, B. Controle químico de plantas dos gêneros Ipomoea e Merremia em cana-soca. **Planta daninha** 28:1143-1152, 2010.

FERREIRA, J. H. S.; OLIVEIRA, A. S.; DUARTE, D. G.; ALMEIDA, F. J.; PAES, J. S.; DELGADO, C. H. O. Eficácia do amicarbazone e flumioxazim no controle de merremia aegyptia, mucuna aterrima e ricinus communis no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina – PR, vol. 19, n. 03, p. 1-7, jul.-set, 2020.

FMC, Corp. **Technical bulletin of sulfentrazone.** 6 p. Philadelphia: 1995.

GIMENES, R. Dinamic: O novo herbicida da Hokko do Brasil para cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.22, n.4, p.23-24, 2004.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; BINHA, D. P.; SILVA, A. C.; SILVA, P. V. Potencial de lixiviação de herbicidas no solo submetidos a diferentes simulações de precipitação. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 403-409, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Biologia e manejo de plantas daninhas: Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. cap. 9, p. 1-16. Curitiba-PR: **Omnipax**, 2011.

PPDB. **Pesticide Properties DataBase.** Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>>. Acesso em: 28 Fev. 2021

PRATA, F.; CARDINALI, V. C. B.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Sci. Agric.**, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.

REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M.; LOCKE, M. A. Chlorymuron adsorption, desorption and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.760-767, 1995.

RODRIGUES, B. N.; LIMA, J.; YADA, I. F. U.; FORNAROLLI, D. A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida sulfentrazone. **Planta Daninha**, Londrina-PR v. 17, n. 3, 1999.

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

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JUNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.

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**. 28:21-32. 2015.

SOUZA Z. M.; PRADO R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:271-278, 2005.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, Hoboken, v.5, n.2, p.99-114, 1949.

VELINI, E.D. Comportamento de herbicidas no solo. In: **Simpósio Nacional Sobre Manejo de Plantas Daninhas em Hortaliças**. p. 44-64. Resumos... Botucatu: 1992.

ZERA, F. S; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; LORENZATO, C. M.; FREITAS, G. B.; AZANIA, A. A. P. M. Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus** 8:453-462, 2011.