

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EFICÁCIA DE DIFERENTES VOLUMES DE CALDAS, ASSOCIADOS OU NÃO
A ADJUVANTES, NO CONTROLE DE *Mucuna aterrima* E *Ricinus communis*
UTILIZANDO RPA

Discente: Pablo de Oliveira Lima

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Co-orientadores: Anderson Vieira Rodrigues e
Maria Thalia Lacerda Siqueira

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Campus de Jaboticabal, para
graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.**

Jaboticabal – SP

2º semestre/2024

L732e

Lima, Pablo de Oliveira

Eficácia de diferentes volumes de caldas, associados ou não a adjuvantes, no controle de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* utilizando RPA / Pablo de Oliveira Lima. -- Jaboticabal, 2024

61 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Marcelo da Costa Ferreira

Coorientadora: Maria Thalia Lacerda Siqueira

1. Tecnologia de aplicação. 2. Adjuvante. 3. Plantas daninhas. 4. Volume de calda. 5. Drones. I. Título.

PABLO DE OLIVEIRA LIMA

EFICÁCIA DE DIFERENTES VOLUMES DE CALDAS, ASSOCIADOS OU NÃO A ADJUVANTES, NO CONTROLE DE *Mucuna aterima* E *Ricinus communis* UTILIZANDO RPA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Coorientador: Eng. Agr. Me. Anderson Vieira Rodrigues e Eng. Agr. Me. Maria Thalia Lacerda Siqueira

Área de Concentração: Fitossanidade

Data da defesa: 21/10/2024


(X) Aprovado

() Reprovado


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARIA THALIA LACERDA SIQUEIRA**
Data: 23/10/2024 14:51:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agr. Me. Maria Thalia Lacerda Siqueira
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal


Documento assinado digitalmente
 **GABRIELA PELEGRINI**
Data: 24/10/2024 10:16:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agr. Me. Gabriela Pelegrini
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA**
Data: 25/10/2024 08:24:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agr. Me. Jarlyson Brunno Costa Souza
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 25/10/2024 ad referendum

Documento assinado digitalmente
 **DANIEL JUNIOR DE ANDRADE**
Data: 25/10/2024 09:48:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Chefe do Departamento

DEDICO

Aos meus pais Silvana Aparecida de Oliveira e Roberto Alves de Lima, irmã Tamiris Eduarda de Oliveira Scarso, avó Gessi Luiza de Souza de Oliveira e namorada Eduarda Menegussi por me apoiarem e proporcionarem para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o apoio e suporte de sempre, pela dedicação, para que eu me tornasse um ser humano íntegro, honesto e de bem, não medindo qualquer esforço para que eu tivesse as melhores condições, não apenas para os estudos e/ou carreira, mas para todos os aspectos da vida.

À minha querida namorada Eduarda Menegussi, também expresso minha gratidão, por ser minha companheira fiel nessa jornada, por sua paciência, otimismo e por me proporcionar momentos felizes durante o processo. Agradeço por sempre estar ao meu lado, confiar no meu trabalho e acreditar em mim.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, por proporcionar toda a infraestrutura e apoio durante minha graduação, dando todo o suporte para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Professor Marcelo da Costa Ferreira, pela orientação e amizade, me proporcionando grandes ensinamentos que carregarei por toda a vida profissional e pessoal.

Aos amigos do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA pelo apoio e momentos de muito aprendizado. Agradeço a cada um pelo companheirismo construído, por compartilharmos juntos as experiências acadêmicas e por me proporcionarem momentos de alegria e descontração.

EFICÁCIA DE DIFERENTES VOLUMES DE CALDAS, ASSOCIADOS OU NÃO A ADJUVANTES, NO CONTROLE DE *Mucuna aterrima* E *Ricinus communis* UTILIZANDO RPA

RESUMO

O controle de plantas daninhas em canaviais é realizado por meio da tecnologia de aplicação, com os RPA se destacando pela precisão e eficiência, especialmente no manejo de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis*. A utilização de volumes baixos de calda melhora a capacidade operacional, mas a escolha adequada do volume é crucial para garantir a eficiência de controle. Objetivou avaliar a eficácia de diferentes volumes de caldas fitossanitárias, com ou sem adição de adjuvantes ao herbicida Triclopir-Butotílico, no controle das plantas *M. aterrima* e *R. communis*, utilizando aplicação com RPA. Foram realizadas experimentações em casa de vegetação com plantas de Mucuna e Mamona em condições de cultivo semi-controladas. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com fatorial 3x3 (3 volumes de aplicação e 3 caldas) mais testemunha em um total de 10 tratamentos e 5 repetições por tratamento, sendo um vaso por repetição. Avaliou-se estabilidade físico-química das caldas de Triclopir-Butotílico em mistura com os adjuvantes siliconado e óleo mineral, além disso a avaliação de viscosidade. As avaliações de tensão superficial e ângulo de contato de gotas foram realizadas para todos os tratamentos, bem como a análise de depósito de calda e cobertura superficial. Para avaliação de controle foi realizada a avaliação visual e a avaliação de matéria seca das plantas.

Houve incompatibilidade por sedimentação e creme em todos os tratamentos e horários avaliados. As caldas de Triclopir-Butotílico associado ao adjuvante óleo mineral apresentaram redução nos valores de viscosidade. As caldas fitossanitárias associadas ou não com adjuvantes siliconado e óleo mineral proporcionaram baixos valores de tensão superficial e ângulo de contato. As caldas utilizadas no volume de 21 L ha⁻¹ apresentaram melhor cobertura e depósito de calda, especialmente quando associado ao adjuvante siliconado. No entanto, o controle das plantas *M. aterrima* e *R. communis* foram satisfatórios em todos os volumes, sugerindo que é possível a utilização de baixos volumes (7 L ha⁻¹) sem comprometer a eficácia do herbicida.

Palavras chaves: Produtos fitossanitários; tecnologia de aplicação; óleo mineral; siliconado; plantas daninhas.

**EFFICACY OF DIFFERENT SPRAY VOLUMES, WITH OR WITHOUT
ADJUVANTS, IN THE CONTROL OF *Mucuna aterrima* AND *Ricinus
communis* USING RPA**

ABSTRACT

Weed control in sugarcane fields is carried out through application technology, with RPA standing out for its precision and efficiency, especially in the management of *Mucuna aterrima* and *Ricinus communis*. The use of low spray volumes improves operational capacity, but the appropriate choice of volume is crucial to ensure control efficiency. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of different volumes of phytosanitary sprays, with or without the addition of adjuvants to the herbicide Triclopyr-butotyl, in the control of *M. aterrima* and *R. communis* plants, using RPA application. Experiments were carried out in a greenhouse with *Mucuna* and Castor oil plants under semi-controlled cultivation conditions. A completely randomized design with a 3x3 factorial (3 application volumes and 3 sprays) plus control was adopted, with a total of 10 treatments and 5 replicates per treatment, with one pot per replicate. The physicochemical stability of Triclopyr-Butyl sprays mixed with siliconed and mineral oil adjuvants was evaluated, in addition to the viscosity evaluation. Surface tension and droplet contact angle evaluations were performed for all treatments, as well as analysis of spray deposition and surface coverage. Visual evaluation and plant dry matter evaluation were performed to evaluate the control. There was incompatibility due to sedimentation and creaming in all treatments and time evaluated. Triclopyr-Butyl sprays associated with mineral oil adjuvant showed reduced viscosity values. Phytosanitary sprays associated or not with silicone and mineral oil adjuvants provided low surface tension and contact angle values. Sprays used in a volume of 21 L ha⁻¹ showed better coverage and spray deposition, especially when associated with siliconed adjuvant. However, control of *M. aterrima* and *R. communis* plants was satisfactory in all volumes, suggesting that it is possible to use low volumes (7 L ha⁻¹) without compromising the efficacy of the herbicide.

Keywords: Phytosanitary products; application technology, mineral oil; siliconed; weeds.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Cana-de-açúcar	3
2.2	Plantas daninhas em Cana-de-açúcar	4
2.2.1	<i>Ricinus communis</i>	5
2.2.2	<i>Mucuna aterrima</i>	6
2.3	Tecnologia de aplicação	7
2.4	Volumes de calda	8
2.5	Uso de adjuvantes nas pulverizações	9
2.6	RPA para pulverização de produtos fitossanitários	10
3	OBJETIVOS	10
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4	MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1	Caracterização físico-química das caldas fitossanitárias utilizadas para o controle de <i>M. aterrima</i> e <i>R. communis</i>	11
4.2	Avaliação da aplicação de herbicida em associação com adjuvantes em volumes de calda para o controle de <i>M. aterrima</i> e <i>R. communis</i>	15
4.3	Análise estatística	20

5	RESULTADOS	20
5.1	Estabilidade físico-química das caldas fitossanitárias	20
5.2	Tensão superficial	25
5.3	Ângulo de contato	27
5.4	Cobertura superficial	28
5.4.1	<i>Ricinus communis</i>	28
5.4.2	<i>Mucuna aterrima</i>	30
5.5	Depósito de calda fitossanitária	31
5.5.1	<i>Ricinus communis</i>	31
5.5.2	<i>Mucuna aterrima</i>	32
5.6	Controle das plantas daninhas	33
5.6.1	<i>Ricinus communis</i>	33
5.6.2	<i>Mucuna aterrima</i>	36
5.7	Matéria seca	38
5.7.1	<i>Ricinus communis</i>	38
5.7.2	<i>Mucuna aterrima</i>	40
6	DISCUSSÃO	41
6.1	Estabilidade físico-química das caldas	41
6.2	Tensão superficial e ângulo de contato	43
6.3	Cobertura	44

6.4	Depósito de calda fitossanitária	45
6.5	Controle	46
6.6	Matéria seca	47
7	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Provetas com caldas de herbicida e adjuvantes.	14
Figura 2. Equipamento tensiômetro (Contact Angle System OCA 15-Plus utilizado para medir a tensão superficial (A) e ângulo de contato das caldas (B).	15
Figura 3. <i>Ricinus communis</i> e <i>Mucuna aterrima</i> em casa de vegetação.	16
Figura 4. Desenho experimental do experimento.	18
Figura 5. Posicionamento dos papéis hidrossensíveis e folhas de acetato na altura das plantas.	19
Figura 6. Caracterização da calda quanto ao pH para 0 (A), 2 (B), 6 (C) e 24 (D) horas após preparo das caldas.	24
Figura 7. Valores de viscosidade média das caldas em misturas de tanque. .	25
Figura 8. Caracterização da calda sobre a tensão superficial (mN m^{-1}) em misturas.	27
Figura 9. Caracterização da calda sobre a variável ângulo de contato.	28
Figura 10. Porcentagem de cobertura superficial em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>R. communis</i>	29
Figura 11. Porcentagem de cobertura superficial em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>M. aterrima</i>	31
Figura 12. Depósito de calda fitossanitária em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>R. communis</i>	32
Figura 13. Depósito de calda fitossanitária em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>M. aterrima</i>	33
Figura 14. Porcentagem de controle em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>R. communis</i> 4 DAA (A), 7DAA (B), 14 DAA (C) e 21 DAA (D).	35
Figura 15. Porcentagem de controle em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>M. aterrima</i> 4 DAA (A), 7 DAA (B), 14 DAA (C) e 21 DAA (D).	38
Figura 16. Os valores médios de redução de matéria seca em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>R. communis</i>	39

Figura 17. Os valores médios de redução de matéria seca em função das caldas e volumes utilizados para controle de <i>M. aterrima</i>	41
Figura 18. Tensão superficial da calda Triclopir-butotílico sem adjuvante 7 L ha ⁻¹ (A); Ângulo de contato da calda Triclopir-butotílico sem adjuvante 7 L ha ⁻¹ (B).....	44

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é fundamental para a economia brasileira devido à sua alta produção e múltiplas aplicações, como etanol e açúcar. Com a transição da colheita manual para a mecanizada, que eliminou a queima prévia e preservou a palhada, houve mudanças nas populações de plantas daninhas nos canaviais (AZANIA et al., 2008). A colheita de cana crua favoreceu o surgimento de plantas daninhas anuais, que completam seu ciclo com a maturação da cultura. Essas plantas impactam a eficiência das colhedoras e a longevidade dos canaviais, demandando controle eficaz (LORENZI, 1994).

A efetividade do controle de plantas daninhas é alcançada com o uso da tecnologia de aplicação, que se baseia no conceito de aplicar produtos fitossanitários de forma correta. Isso envolve utilizar todo o conhecimento científico disponível para garantir que o produto biologicamente ativo atinja o alvo quando necessário e na quantidade correta, de forma econômica e com mínimo de contaminação possível (MATUO, 1990).

Nos últimos anos, a tecnologia de aplicação tem evoluído, com o uso de RPA (aeronaves remotamente pilotadas). Uma das vantagens está relacionada a capacidade de aplicar o produto de forma localizada, focando apenas nas áreas infestadas, o que reflete diretamente no conceito de tecnologia de aplicação, reduzindo o uso excessivo de herbicidas, aumentando ainda mais a eficiência das operações no campo (MARTINS, 2023).

No entanto, apesar dos benefícios operacionais e econômicos, o uso de RPA ainda apresenta lacunas que precisam ser esclarecidas, especialmente em

relação ao volume de calda ideal. A escolha do volume de calda é crucial para garantir a cobertura adequada das plantas específicas, especialmente quando o objetivo é controlar espécies de difícil manejo (SALATTA JUNIOR, 2023).

Portanto, apesar dos avanços significativos e do crescimento no uso de RPA, ainda há desafios a serem estudados. Estudos são necessários para determinar o volume de calda ideal que equilibre eficiência de controle e segurança ambiental, assim como para entender alguns fatores, como altura de voo, velocidade de aplicação do drone e características das pontas (CHEN; LAN, 2017)

Normalmente em aplicação de herbicidas, é comum que seu uso seja complementado pela utilização de adjuvantes. Os adjuvantes que são utilizados com o principal objetivo de aprimorar a eficácia do ingrediente ativo ou alterar características de propriedades da calda (superfície dos líquidos e aditivos) (VARGAS; ROMAN, 2006).

Há pouca pesquisa feita sobre pulverização aérea, principalmente relacionado ao baixo volume aplicado, e como os adjuvante podem contribuir para o controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* em função do volume de aplicação e uso de herbicidas associados a adjuvantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cana-de-açúcar

De acordo com Figueiredo (2008), a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) tem sua origem atribuída à região da Oceania, com destaque para a ilha de Nova Guiné. A dispersão dessa cultura ocorreu por meio da migração de povos locais entre as ilhas, até atingir a Ásia, onde os chineses foram os primeiros a intensificar seu cultivo e utilização. Durante o período das cruzadas, a cana-de-açúcar foi introduzida na Europa, sendo posteriormente trazida para a América pelos espanhóis na América Central e pelos portugueses na América do Sul.

Conforme descrito por Mutton (2015), a planta, como resultado do processo de fotossíntese, gera uma alta quantidade de açúcares redutores, como glicose e frutose. Esses açúcares, nas células dos tecidos mais desenvolvidos do colmo, são convertidos em sacarose por complexos processos.

O Brasil, sendo o principal produtor global de cana-de-açúcar, destaca-se como crescente importância no agronegócio nacional. A combinação entre a elevada demanda mundial por etanol, grandes áreas cultiváveis e somada às condições edafoclimáticas propícias ao desenvolvimento da cultura, posiciona o país com alta competitividade no cenário do comércio internacional (CONAB, 2023).

Além do açúcar e etanol, que são os principais produtos da cadeia produtiva da cana-de-açúcar, diversos subprodutos da indústria canavieira também são amplamente aproveitados. A vinhaça, subproduto do processo de produção de etanol, é utilizada na adubação por meio da fertirrigação, devido ao

seu elevado valor como fertilizante e à ausência de metais pesados em sua composição (ZOLIN et al., 2011). Outro subproduto, a torta de filtro, proveniente do processamento industrial da cana, com cerca de 70% de umidade, contribui para uma melhor brotação, além de gerar calor durante sua decomposição, favorecendo o desenvolvimento da planta, especialmente em períodos de inverno (SANTIAGO; ROSSETTO, 2009).

2.2 Plantas daninhas em Cana-de-açúcar

As plantas daninhas representam uma significativa interferência, como competição por recursos, alelopatia, interferência fisiológica, hospedeiras de pragas e doenças e dificuldade na colheita, prejudicando o desenvolvimento das culturas agrícolas e, entre os fatores bióticos, o considerado mais crítico para o processo produtivo da cana-de-açúcar (KUVA et al., 2003).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar, sem a queima prévia, trouxe mudanças significativas no manejo da cultura, especialmente no controle de plantas daninhas. A presença da palha atua como um elemento no controle de plantas daninhas, visto que áreas sem cobertura vegetal tendem a apresentar uma infestação significativamente maior em comparação com aquelas que possuem resíduos de material vegetal sobre o solo (ALMEIDA, 1992; SEVERINO E CHRISTOFFOLETI, 2001).

No entanto, o microclima criado pela presença da palha também favoreceu a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de algumas espécies de plantas daninhas (CORREIA E REZENDE, 2002), como a Mucuna e Mamona. De acordo com Silva et al. (2015), características como porte

herbáceo, hábito de crescimento trepador, sementes grandes com maior quantidade de material de reserva e a dormência são fatores de agressividade que contribuíram para a adaptação dessas espécies à presença da palha.

O controle de plantas daninhas é essencial para que a cultura alcance seu pleno potencial produtivo. No entanto, em comparação com o impacto causado por pragas e doenças, em alguns casos, os efeitos das plantas daninhas podem ser mais difíceis de identificar pelo produtor. Isso ocorre porque, quando a interferência é perceptível visualmente, o prejuízo já está consolidado na área (CAVENAGHI; CARBONARI, 2011).

O controle de plantas daninhas é frequentemente realizado por meio da aplicação de herbicidas químicos, que agem em sítios de ação específicos (SENSEMAN, 2007). Esses herbicidas podem ter ação de contato, destruindo as membranas celulares ao entrar em contato com as plantas (MARCHI et al., 2008), ou ação sistêmica, sendo absorvidos pelas plantas e translocados via xilema e/ou floema até seus sítios de ação. Nos herbicidas sistêmicos, a atuação ocorre geralmente em regiões de crescimento, reprodução ou armazenamento (GWYNNE; MURRAY, 1985).

2.2.1 *Ricinus communis*

Ricinus communis L. (mamona) é uma planta tropical da família Euphorbiaceae (FERREIRA et al., 2009), caracterizada por um hábito arbustivo e uma diversidade de colorações no caule, nas folhas e nos frutos, que são do tipo racemo. Esses frutos frequentemente possuem espinhos, e suas sementes variam em tamanho, formato e coloração, apresentando uma considerável

variabilidade (LIMA et al., 2007).

Reconhecida como uma planta rústica, *R. communis* é amplamente empregada no Brasil como fitorremediadora para a remoção de metais pesados de solos contaminados. Além disso, sua utilização como cultura agrícola se destaca pela produção de matéria-prima para a extração de biodiesel (OLIVARES et al., 2013).

Esta espécie é considerada uma planta daninha, especialmente em canaviais, em razão de sua resistência ao estresse hídrico (TROSTLE et al., 2012), crescimento acelerado e capacidade de extração de nutrientes (THEISEN et al., 2007), a sua competição por recursos compromete o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Além da competitividade na área com a cultura, quando estabelecida nos canaviais, ocorre a lignificação do caule que também pode prejudicar na operacionalidade da colheita mecânica (RAMIA et al. 2009), tendo ocorrência de quebras no maquinário, especialmente nas lâminas de corte basal, resultando em paradas que demandam tempo para a manutenção e substituição de peças.

2.2.2 *Mucuna aterrima*

A *Mucuna aterrima* (mucuna-preta), que pertence à família Fabaceae, tem sua origem nas Índias Ocidentais e demonstra boa adaptação a climas tropicais e subtropicais (PUPO, 1979). Trata-se de uma planta anual de ciclo prolongado, que pode chegar a 240 dias, apresentando caules finos, longos, flexíveis e com um hábito de crescimento trepador.

Essa espécie havia sido amplamente utilizada como adubo verde,

especialmente devido ao seu elevado volume de biomassa (OLIVEIRA et al., 2010), que é gerado em um curto espaço de tempo, cobrindo aproximadamente 99% da superfície do solo em apenas 58 dias após a emergência (FAVERO et al., 2001), sendo eficaz na reforma de canaviais.

O manejo inadequado e a incorporação da biomassa vegetal ao solo, com sementes ainda ligadas à planta-mãe durante a maturação (SILVA et al., 2012), resultaram no aumento do banco de sementes local. As sementes desta espécie apresentam características, incluindo dormência e germinação escalonada, possivelmente em função do tamanho e do acúmulo de reservas. Dessa forma, a mucuna-preta passou a ser classificada como uma planta infestante (CORREIA, 2011).

De acordo com Tedesco (2009), as características morfológicas da mucuna-preta, especialmente seu hábito de crescimento trepador, permitem que essa planta se sobreponha rapidamente à vegetação circundante, competindo e dominando as demais espécies. O estudo realizado por Bressanin et al. (2016) demonstrou que a mucuna-preta apresentou acúmulo de massa seca ao longo de todo o período de avaliação, resultando em uma redução de até 50% na produtividade dos colmos de cana-de-açúcar.

2.3 Tecnologia de aplicação

A Tecnologia de Aplicação é um campo de estudo que utiliza conhecimentos científicos para garantir a correta aplicação de produtos fitossanitários no alvo, na quantidade necessária, de maneira econômica e com o mínimo de contaminação de áreas não-alvo. Na prática, essa tecnologia

envolve o controle de insetos, plantas daninhas e agentes patogênicos, considerando aspectos de diversas áreas de atuação (FERREIRA et al., 2007; MATUO, 1990).

Para a obtenção do sucesso nas aplicações é necessário o conhecimento de fatores que influenciam direta e indiretamente no processo de aplicação. O volume de calda que é aplicado exerce grande influência nas aplicações dos produtos fitossanitários, onde a redução da taxa de aplicação ($L\ ha^{-1}$) vem sendo muito utilizada em aplicações com RPA, para ter uma maior autonomia. (CUNHA, 2021)

2.4 Volumes de calda

Atualmente, observa-se uma tendência crescente na redução dos volumes de calda utilizados nas aplicações de produtos fitossanitários, com o objetivo de promover uma maior economia de recursos, diminuir o desperdício e aprimorar a capacidade operacional dos pulverizadores (SOUZA et al., 2011). A redução do volume de calda pode resultar em efeitos de controle semelhantes aos obtidos com volumes maiores (FERREIRA et al., 1998).

Conforme a fórmula apresentada por Courshee (1967) - $C = (15 VRK^2)/AD$, em que C representa a cobertura, V o volume de aplicação, R o volume recuperado pelo alvo, K o fator de espalhamento da gota, A a superfície vegetal e D o diâmetro da gota, é possível observar que a redução do volume de calda pode levar a uma diminuição na cobertura do alvo (PRADO, 2008).

Quando reduzida a taxa de aplicação, para garantir uma adequada cobertura é necessário diminuir o tamanho das gotas ou utilizar adjuvantes que

auxiliam no aumento da cobertura (ANTUNIASSI, 2017).

2.5 Uso de adjuvantes nas pulverizações

Os adjuvantes são substâncias ou compostos capazes de alterar as propriedades físico-químicas das caldas de pulverização, influenciando de maneira positiva ou negativa as modificações resultantes da mistura de diferentes produtos fitossanitários, desempenhando assim diversas funções (KISSMANN, 1997). Esses adjuvantes podem ser incorporados diretamente à formulação do herbicida ou adicionados à calda no momento da aplicação (VARGAS; ROMAN, 2006).

Características como o aumento da penetração do ingrediente ativo, a redução da formação de espuma, a minimização da deriva e a melhoria do espalhamento do produto sobre o alvo são atributos em alguns adjuvante (COSTA et al., 2005). Esses efeitos visam otimizar a eficiência dos tratamentos fitossanitários, ao mesmo tempo em que mitigam os impactos de condições adversas, como temperaturas e velocidades de vento elevadas durante o processo de aplicação (CARBONARI et al., 2005).

Os produtos fitossanitários apresentam diferentes níveis de afinidade com os adjuvantes, o que torna difícil estabelecer recomendações generalizadas para seu uso (CHOW, 1993). Contudo, o aumento no uso de adjuvantes devido às vantagens oferecidas tem contribuído para a expansão de produtos comerciais disponíveis no mercado (ARAÚJO; RAETANO, 2011). Assim, o uso adequado dos adjuvantes pode impactar positivamente o desempenho dos produtos fitossanitários (SPADONI, 2019).

2.6 RPA para pulverização de produtos fitossanitários

A busca por maior eficiência na agricultura tem impulsionado o desenvolvimento de máquinas e o aumento da automação, substituindo progressivamente o trabalho manual (ENDERLE, 2002). Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), têm sido amplamente utilizados em diversas práticas agrícolas, como monitoramento de lavouras, estimativas de produtividade e pulverização de precisão, utilizando volumes significativamente menores (pulverização em "baixo volume") em comparação com a pulverização tratorizada (HERBST et al., 2020; ANKEN; WALDBURGER, 2020; BIGLIA et al., 2022).

Segundo Oliveira et al. (2020), o uso de RPA para pulverizações agrícolas é uma tecnologia emergente que pode complementar os métodos tradicionais de aplicação terrestre e aviação agrícola. No entanto, ainda são necessários estudos para validar sua aplicação adequada. Embora os RPAs já sejam empregados na aplicação de produtos fitossanitários, há lacunas na literatura que envolvem a otimização dessa técnica, especialmente no que se refere à qualidade das aplicações (RICHARDSON et al., 2020). Isso ressalta a necessidade de um melhor entendimento das operações, em consonância com os princípios da tecnologia de aplicação, conforme descritos por Matuo (1990).

3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a eficácia de diferentes volumes de caldas, com ou sem adição de adjuvantes ao herbicida Triclopir-Butotílico, no

controle das plantas *M. aterrima* e *R. communis*, utilizando aplicação com RPA.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar viscosidade, tensão superficial, ângulo de contato, compatibilidade e estabilidade físico-química das caldas de Triclopir-Butotílico e adjuvantes siliconado e óleo mineral. Avaliar depósito de calda e cobertura superficial nas folhas de *M. aterrima* e *R. communis* e matéria seca das plantas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal-UNESP, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade, localizado na latitude de 21°14'2" Sul, longitude 48°17'18" Oeste e 583m de altitude.

4.1 Caracterização físico-química das caldas fitossanitárias utilizadas para o controle de *M. aterrima* e *R. communis*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, analisando em esquema fatorial do tipo 3 x 3, constituindo-se de 9 tratamentos, representados pelos volumes (7 L ha⁻¹, 14 L ha⁻¹ e 21 L ha⁻¹) e pelas caldas (sem adjuvante, óleo mineral e siliconado). Utilizaram-se de 4 repetições por tratamento.

Os tratamentos foram compostos pelo herbicida, com mecanismo de ação mimetizadores da auxina de ação sistêmica com concentração de 250 ml ha⁻¹ de Triclopir-Butotílico (Triclon® 680 g i.a. L⁻¹, formulação EC, UPL S.A.) sem

adjuvante e o herbicida associado a dois adjuvantes: 30 mL ha⁻¹ de siliconado (AgSKY®, formulação EC, Agroceres Binova) e 200 mL ha⁻¹ de óleo mineral (Assist®, formulação EC, BASF S.A.), nos volumes de calda de 7, 14 e 21 L ha⁻¹.

A princípio foi feita uma caracterização físico-química das caldas fitossanitárias, onde foram realizadas avaliações de tensão superficial, ângulo de contato e estabilidade e compatibilidade físico e química e a viscosidade.

TRATAMENTO	HERBICIDA	VOLUME DE CALDA	CALDAS
T1	Triclopir- Butotílico	7 L ha ⁻¹	Sem adjuvante
T2			Siliconado
T3			Óleo mineral
T4		14 L ha ⁻¹	Sem adjuvante
T5			Siliconado
T6			Óleo mineral
T7		21 L ha ⁻¹	Sem adjuvante
T8			Siliconado
T9			Óleo mineral

Tabela 1. Tratamentos compostos por herbicida (Triclopir-Butotílico e adjuvantes para análise de estabilidade físico-química e viscosidade.

A avaliação de estabilidade e compatibilidade física entre as misturas de produtos fitossanitários foi realizada com base na NBR 13875 (2014). As caldas foram preparadas com água-padrão (AP) com dureza total de 20 mg kg⁻¹ em equivalente CaCo⁻³, conforme a NBR 13074 (1997). As misturas de produtos foram preparadas em provetas graduadas de 250 mL com tampa, onde foram

adicionados 250 mL ha⁻¹ de concentração do herbicida e 30 mL ha⁻¹ e 200 mL ha⁻¹ dos adjuvantes (Figura 1). Após a adição dos produtos, as provetas foram completadas com água-padrão até a marca de 250 mL e tampadas, imediatamente após, as provetas foram agitadas com as mãos, invertida 10 vezes para boa homogeneização da calda fitossanitária. As avaliações físico-químicas foram realizadas imediatamente as 0, 2, 6 e 24 horas após a mistura permanecer em repouso.

Para as avaliações de estabilidade química, foram realizadas análises de potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro de bancada Q400RS (Quimis Aparelhos Científicos, Diadema, SP, Brasil), realizadas por meio da inserção dos sensores na calda contida na proveta, as análises foram tomadas nos intervalos de tempo de 0, 2, 6 e 24 horas após a agitação das caldas.

As avaliações de estabilidade física, verificou-se se houve separação de fases e suspensão em óleo nas caldas contidas nas provetas, após, as provetas foram vertidas em peneira com abertura nominal de 149 µm (malha de 100 mesh) conforme a NBR NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010). Verificou-se por meio de análise visual se houve presença de flocos, sedimentos, formação de grumos, creme e cristais.



Figura 1. Provetas com caldas de herbicida e adjuvantes.

Para as avaliações de tensão superficial e ângulo de contato foi utilizado o tensiômetro automático, modelo OCA 15-plus (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha), equipado com câmera digital de alta velocidade e o software SCA20® (DataPhysics Instruments GmbH, Filderstadt, Alemanha) para processamento das imagens obtidas em um computador (Figura 2A). A calda foi preparada com água da rede de abastecimento, com quatro repetições por tratamento. A tensão superficial no equipamento foi determinada pelo método da gota pendente, que utiliza a equação de Young-Laplace, com base na deformação das gotas emitidas em cada uma das amostragens (FERREIRA et al., 2013).

As avaliações de ângulo de contato foram realizadas depositando as gotas em uma superfície artificial padrão de filme parafinado (Parafilm® M, Bemis, WI, EUA), com dimensões de 1 x 10 cm, fixada em um suporte próprio

(Figura 2B). A partir do depósito da gota na superfície, o ângulo de contato foi registrado. Tomou-se o valor do ângulo aos 10 segundos como referência para as medidas da tensão superficial e de ângulo de contato, devido à estabilização dos valores.

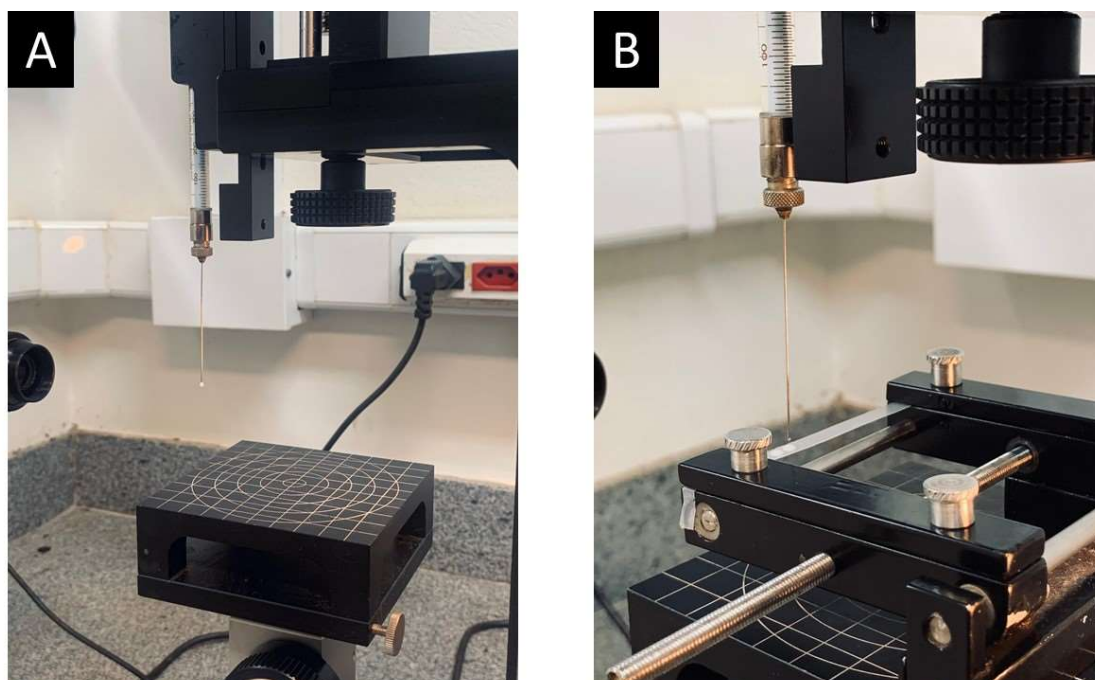


Figura 2. Equipamento tensiômetro (Contact Angle System OCA 15-Plus utilizado para medir a tensão superficial (A) e ângulo de contato das caldas (B).

Para determinar a viscosidade das caldas utilizou-se viscosímetro Brookfield modelo DV-I Prime, temperatura de 25°C e velocidade de agitação de 100 rpm. As leituras foram realizadas após o preparo das caldas. Foram realizadas quatro repetições para cada calda. A unidade de medida é milipascal segundo (mPa.s).

4.2 Avaliação da aplicação de herbicida em associação com adjuvantes em volumes de calda para o controle de *M. aterrima* e *R. communis*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, analisando em

esquema fatorial do tipo 3 x 3, constituindo-se de 9 tratamentos mais uma testemunha, representados pelo volume (7 L ha⁻¹, 14 L ha⁻¹ e 21 L ha⁻¹), e pelas caldas (sem adjuvante, óleo mineral e siliconado). Utilizou-se de 5 repetições por tratamento, sendo um vaso por repetição, com uma planta por vaso (Figura 3). As sementes de *M. aterrima* foram submetidas a superação de dormência, imersas em água quente a 70°C por 10 segundos.

As plantas foram semeadas diretamente em vasos de 10 L com substrato constituído por terra, areia e esterco bovino na proporção 3:2:1, respectivamente. Após surgimento das plântulas, foi realizado desbaste de plantas, mantendo-se uma planta em cada vaso. Os vasos receberam irrigação conforme necessário durante a condução dos experimentos.



Figura 3. *Ricinus communis* e *Mucuna aterrima* em casa de vegetação.

As aplicações foram realizadas utilizando RPA DJI Agras T10. O drone dispõe de um controle remoto para navegação, 4 pontas hidráulicas (TT11001)

e um reservatório com capacidade para 10 litros de calda. A velocidade de trabalho foi de 18 km h⁻¹ e a altura de voo de 3,5 metros, parâmetro que são utilizados em campo (Figura 4). A velocidade de vento média, a temperatura média e a umidade relativa média foram 5,2 km h⁻¹, 35 °C e 40%, respectivamente. As aplicações ocorreram em 105 dias pós-emergência das plantas daninhas, onde aos 4, 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação pelas caldas herbicidas até atingir 100% a morte das plantas, de acordo com escala de notas de controle ALAM (1974) variando de 0 a 100% de controle de acordo com os sintomas observados, onde 0% significa nenhum sintoma em relação a testemunha e 100% a morte das plantas.

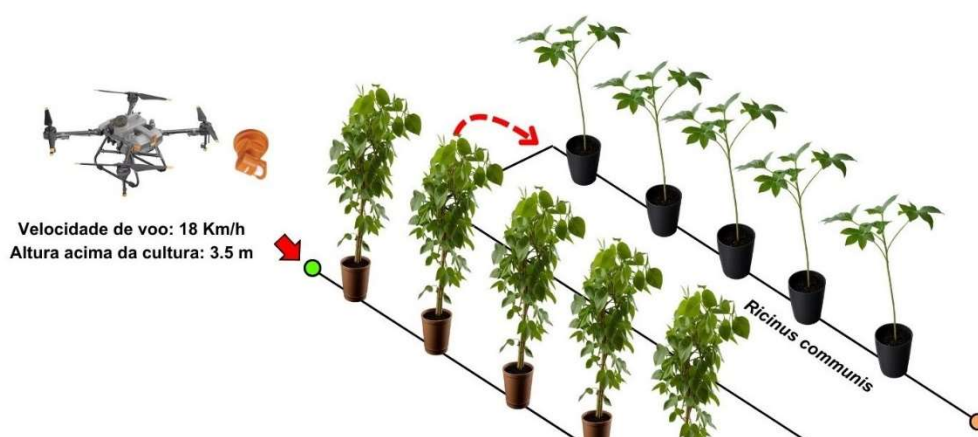


Figura 4. Desenho experimental do experimento.

Para a determinação da cobertura superficial, foram utilizados papéis hidrossensíveis (52 x 76 mm, WSPAPER) e para depósito de calda foram utilizados folhas de acetato (11,78 cm², PV CRISTAL). Para o depósito e cobertura, os acetatos e os papéis foram colocados em hastes na altura das plantas (Figura 4). Logo após as aplicações, os papéis hidrossensíveis foram levados ao laboratório para serem digitalizados por escâner de mesa, possibilitando a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel com auxílio do software Gotas (Chaim et al., 2006), possibilitando a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel. Os acetatos coletores representam o que ocorreu com o depósito de calda nas folhas. A quantificação de produto depositado foi realizada pelo método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), onde foi adicionado em todas as caldas 6g L⁻¹ do marcador metálico sulfato de manganês. Os acetatos foram acondicionados em saco de plástico e posteriormente adicionado uma solução 0,2 N de HCl (50 mL) para extração do manganês e assim mantidos por 60 minutos em repouso para extração do elemento da superfície dos acetatos. Em seguida, as amostras foram filtradas e,

com a curva de calibração obtida por meio de soluções-padrão, foram analisadas utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica (Thermo científico, iCE 3000 Series), obtendo-se a concentração de íon de manganês presente na solução. As concentrações obtidas nas leituras do espectrofotômetro foram correlacionadas às áreas do acetato, resultando na quantidade de Mn expressa em $\mu\text{L cm}^{-2}$.

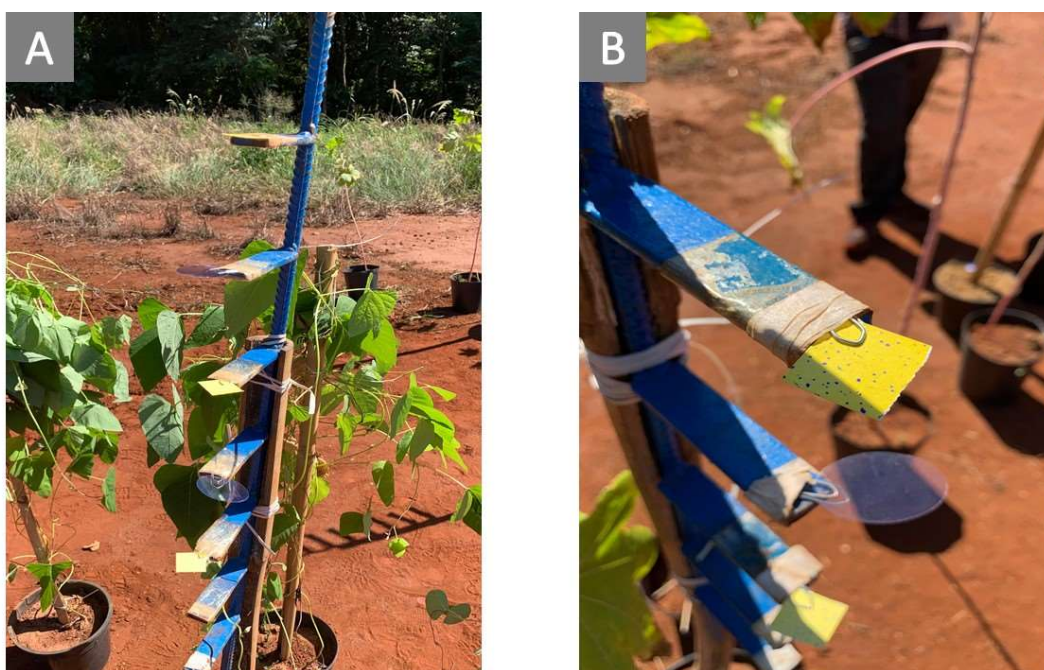


Figura 5. Posicionamento dos papéis hidrossensíveis e folhas de acetato na altura das plantas.

A realização das avaliações de matéria seca, como medida de avaliação de controle, aos 21 DAA foram separadas as partes aéreas das plantas de *M. aterrima* e *R. communis* e submetidas a secagem em estufa de circulação forçada a ar à 60°C por 48h e posteriormente pesadas em balança digital (A&D GF-1000, A&D Company Ltd, Adelaide, Austrália) com precisão de 0,1 gramas, para obtenção do peso de matéria seca da parte aérea, considerando a partir do peso de matéria seca da testemunha e dos tratamentos, a porcentagem de

redução de matéria seca.

4.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene), ambos a nível de 5% de significância. As médias dos resultados das avaliações de estabilidade físico-químicas, tensão superficial e ângulo de contato, cobertura superficial e depósito de caldas, de controle e matéria seca foram submetidos a comparação das médias pelo teste de Tukey com 5% de significância pelo software estatístico SPEED Stat 3 (Carvalho, 2020)

5 RESULTADOS

5.1 Estabilidade físico-química das caldas fitossanitárias

Na avaliação de estabilidade física, houve incompatibilidade em todos os horários avaliados (Tabela 2). A sedimentação ocorreu para os quatro horários. Entretanto, se redispersou facilmente após a agitação. A formação de creme ocorreu para todas as observações realizadas, enquanto a separação de fases ocorreu para 2 horas após preparo nas caldas de Triclopir-Butotílico (TCB) + Óleo mineral (OM), no volume de 14 L ha⁻¹ e para 6 horas após preparo nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹. Para 24 horas após preparo as caldas de Triclopir-Butotílico + Siliconado (SIL) e Triclopir-Butotílico + Óleo mineral (OM) apresentaram separação de fases nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Tabela 2).

Caldas	Volumes	Horários de preparo de calda																															
		Sep. de fases				Floculação				Grumos				Creme				Cristais				Sedimentação				Espuma (cm)				Redispersão			
		0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24	0	2	6	24
TCB	7 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + SIL	14 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + OM	21 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB	7 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + SIL	14 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + OM	21 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB	7 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + SIL	14 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				
TCB + OM	21 L ha-1																									0,00	0,00	0,00	0,00				

Tabela 2. Características química de caldas analisadas, como flocos, grumos, separação de fase, sedimento, cristais, creme e formação de espuma, avaliados após o preparo da calda, com duas horas, seis e 24 horas.

*Os quadrados preenchidos em cinza, refere-se aos tratamentos que apresentaram incompatibilidade, em branco não houve incompatibilidade para os determinado horários.

Para a avaliação de estabilidade química, quanto ao pH houve interação do fator volume e adjuvantes analisados com 0, 2, 6 e 24 horas após o preparo (Figura 6). No preparo de 0 horas (Figura 6A) apresentaram diferenças no pH entre as caldas nos volumes de 7 L ha⁻¹ e 21 L ha⁻¹, sendo os maiores valores com as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM (Figura 6A). Para o volume de 14 L ha⁻¹ as caldas diferiram entre si, as caldas de TCB sem adjuvante tiveram maiores valores de pH, com valor de 7,7, enquanto as caldas de TCB + OM, apresentaram valores de 7,3 e as caldas TCB + SIL, com menores valores de 5,98 (Figura 6A).

Não apresentaram diferenças nas caldas de TCB sem adjuvante entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹. O mesmo ocorreu com as caldas de TCB + SIL onde não ocorreram diferenças entre os volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6A). As caldas de TCB + OM apresentaram diferenças entre os volumes, apresentando maior valor no volume de 7 L ha⁻¹ e menor valor no volume de 14 L ha⁻¹ (Figura 6A).

No tempo de avaliação 2 horas após agitação, dentro de cada volume, apresentaram diferenças entre as caldas, para as caldas de TCB + OM apresentando maiores valores entre as caldas nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ e as caldas de TCB + SIL apresentando menores valores entre as caldas nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6B).

As caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM apresentaram diferenças entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6B). As caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL apresentaram maiores valores de pH no volume de

21 L ha⁻¹ e no volume de 7 L ha⁻¹ menores valores (Figura 6B). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores no volume de 7 L ha⁻¹ e nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças (Figura 6B).

Para os valores de pH após 6 horas da agitação (Figura 6C), na comparação entre caldas no mesmo volume apresentaram o mesmo comportamento apresentado na avaliação após 2 horas de agitação, com as caldas de TCB + OM apresentando maiores valores entre as caldas nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ e as caldas de TCB + SIL apresentando menores valores entre as caldas nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6C).

As caldas de TCB sem adjuvante, apresentam pH mais baixo no volume de 7 L ha⁻¹ (6,63), enquanto o pH mais alto foi registrado no volume de 21 L ha⁻¹ (7,46) (Figura 6C). Para as caldas de TCB + SIL, não diferiram entre si nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6C). As caldas de TCB + OM no volume de 21 L ha⁻¹ diferiu dos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ (Figura 6C).

Na análise de 24 horas após preparo das caldas, as faixas de pH obtidas entre as caldas no mesmo volume apresentaram diferenças nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 6D). No volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores e as caldas de TCB + SIL apresentaram menores valores de pH (Figura 6D). Para o volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM não apresentaram diferenças, com as caldas de TCB + SIL apresentando menores valores (Figura 6D). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + SIL apresentaram menores valores (Figura 6D).

As caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores de pH no

volume de 21 L ha⁻¹, enquanto no volume de 7 L ha⁻¹ apresentaram menores valores (Figura 6D). Para as caldas de TCB + SIL não apresentaram diferenças no volume de 14 e 21 L ha⁻¹, apresentando maiores valores (Figura 6D). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores no volume de 7 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 21 L ha⁻¹ (Figura 6D).

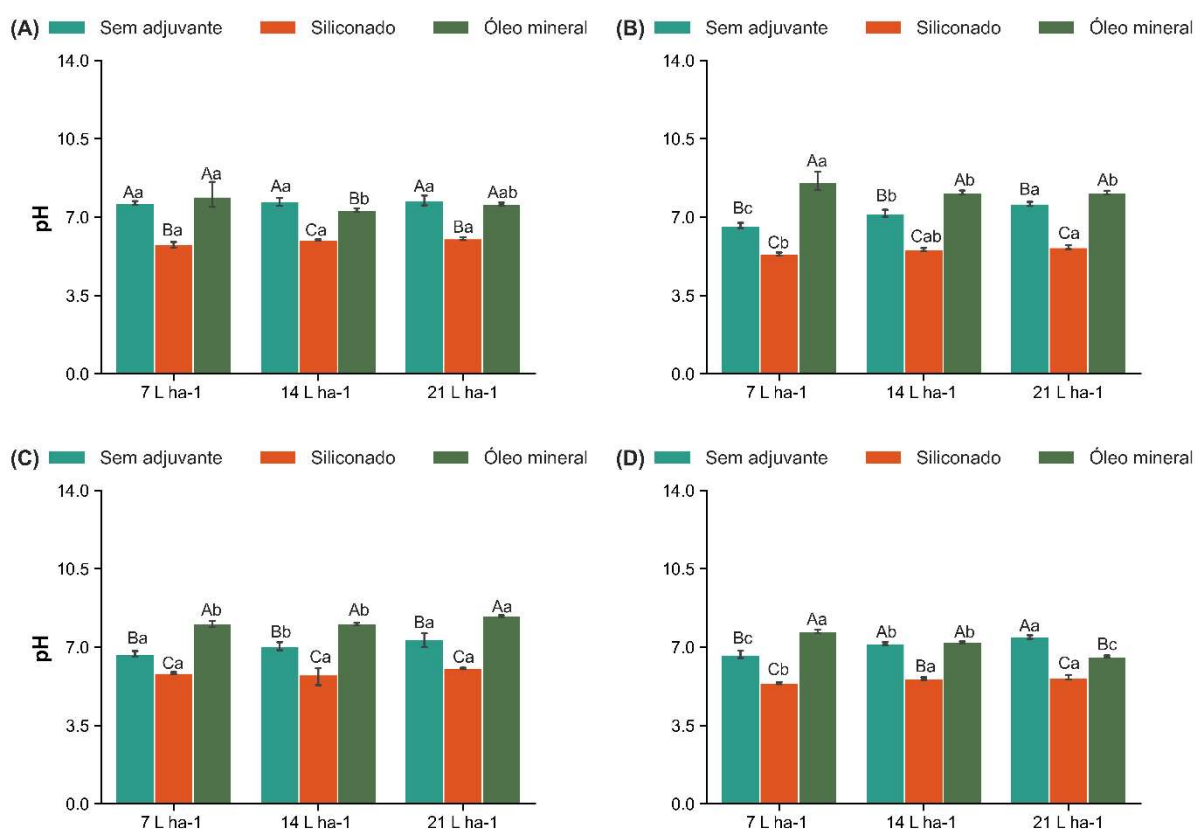


Figura 6. Caracterização da calda quanto ao pH para 0 (A), 2 (B), 6 (C) e 24 (D) horas após preparo das caldas.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 2% (0 horas); 1,87% (2 horas); 1,85% (6 horas) e 1,55% (24 horas).

Quanto a avaliação de viscosidade, as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL nos volumes de 7 e 21 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores de viscosidade (Figura

7). Para o volume de 14 L ha⁻¹, as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM não apresentaram diferenças, enquanto as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores (Figura 7).

As caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL apresentaram maiores valores de viscosidade no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto no volume de 14 L ha⁻¹ apresentaram os menores valores (Figura 7). As caldas de TCB + OM não apresentaram diferenças nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 7).

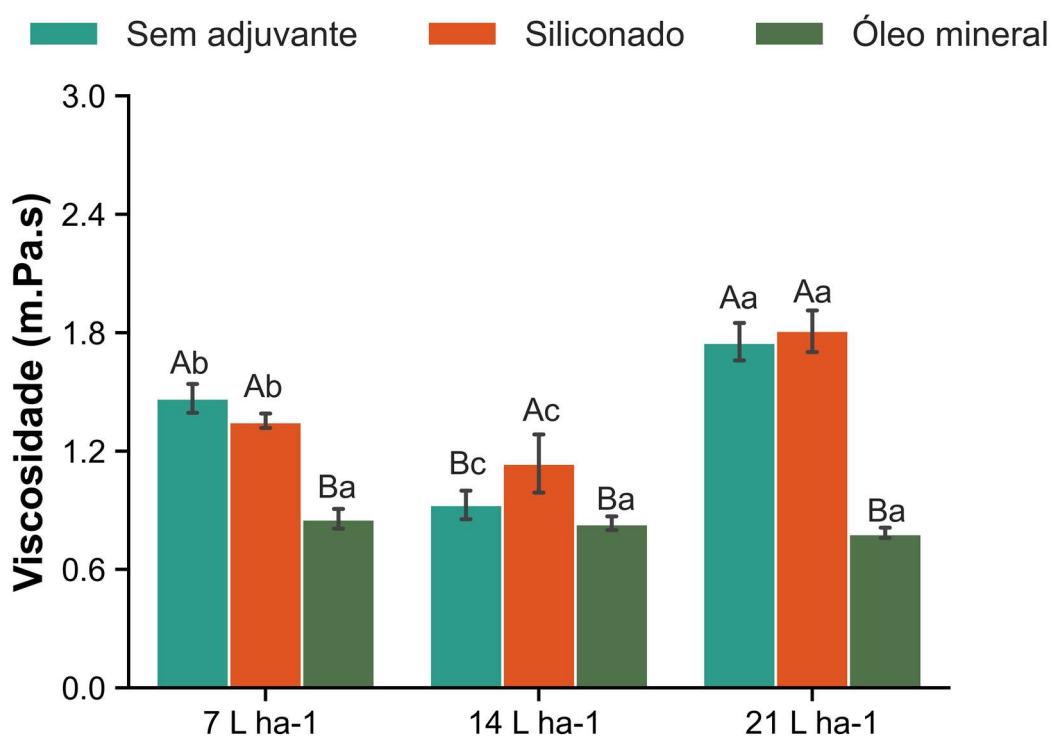


Figura 7. Valores de viscosidade média das caldas em misturas de tanque.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 8%

5.2 Tensão superficial

Como observado (Figura 8), a análise de tensão superficial, houve interação entre o fator volume e adjuvante. No volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de

TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + SIL e TCB + OM não se diferiram (Figura 8). Para o volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL apresentaram maiores valores onde não se diferiram, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 8). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores de tensão superficial, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 8).

Para as caldas de TCB sem adjuvante foi constatado diferenças nos valores de tensão superficial nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹, com valores de 33,74, 32,35 e 34,57 mN.m⁻¹, respectivamente (Figura 8). As caldas de TCB + SIL e TCB + OM não se diferiram entre si nos volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 8). A maior tensão superficial pôde ser observada com a calda composta por TCB sem adjuvante nos volumes de 7 e 21 L ha⁻¹, diferindo das caldas compostas por TCB + SIL e TCB + OM (Figura 8).

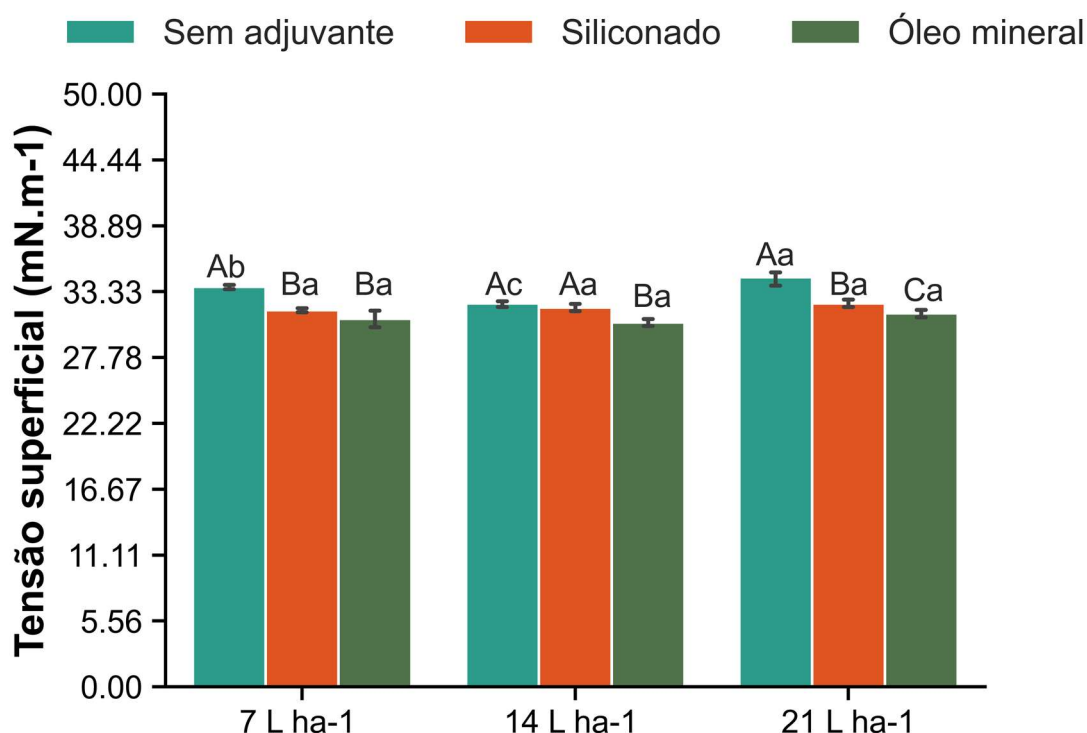


Figura 8. Caracterização da calda sobre a tensão superficial (mN m⁻¹) em misturas.
 *Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 1,44%

5.3 Ângulo de contato

Os valores de ângulo de contato não apresentaram diferenças entre caldas no mesmo volume, apresentando o mesmo comportamento nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 9).

As caldas de TCB sem adjuvante não apresentaram diferenças nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 9). Para as caldas de TCB + SIL e TCB + OM apresentaram maiores valores no volume de 14 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 9).

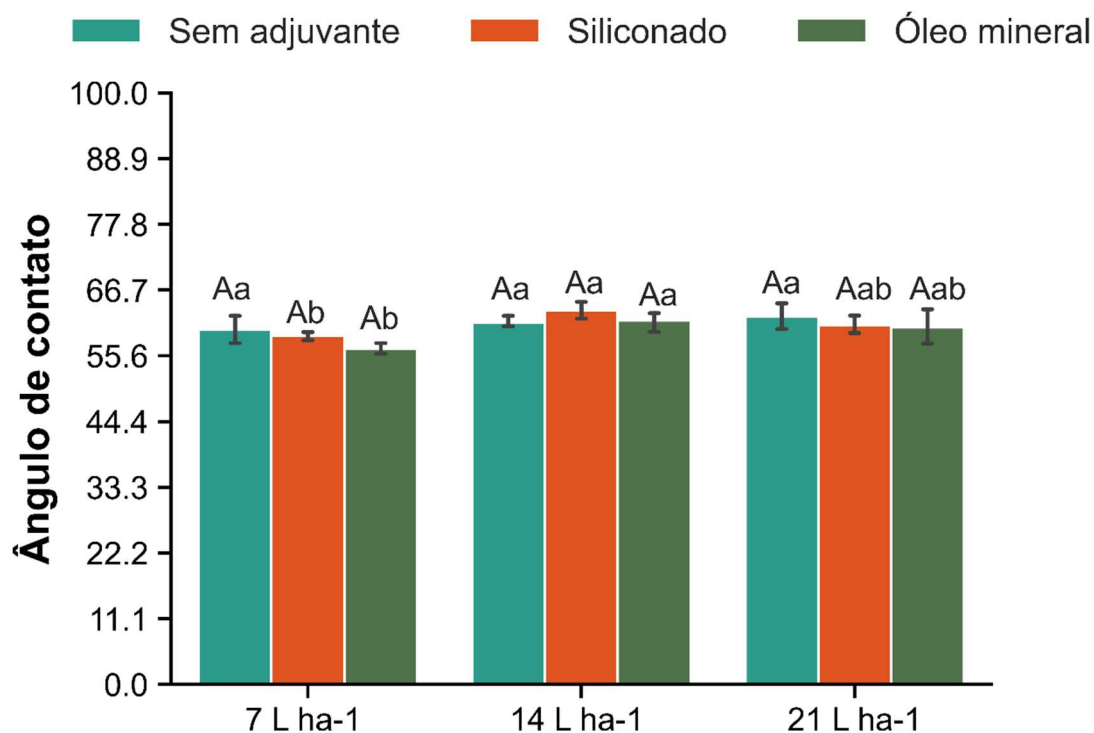


Figura 9. Caracterização da calda sobre a variável ângulo de contato.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 3,46%

5.4 Cobertura superficial

5.4.1 *Ricinus communis*

Quanto aos valores obtidos de cobertura superficial na aplicação, no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram os menores valores de cobertura (Figura 10). Para o volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram os menores valores de cobertura (Figura 10). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figura 10).

As caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores de cobertura no volume de 21 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 10). Para as caldas de TCB + SIL não apresentaram diferenças nos valores de cobertura nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹, apresentando menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 10). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores no volume de 14 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 10).

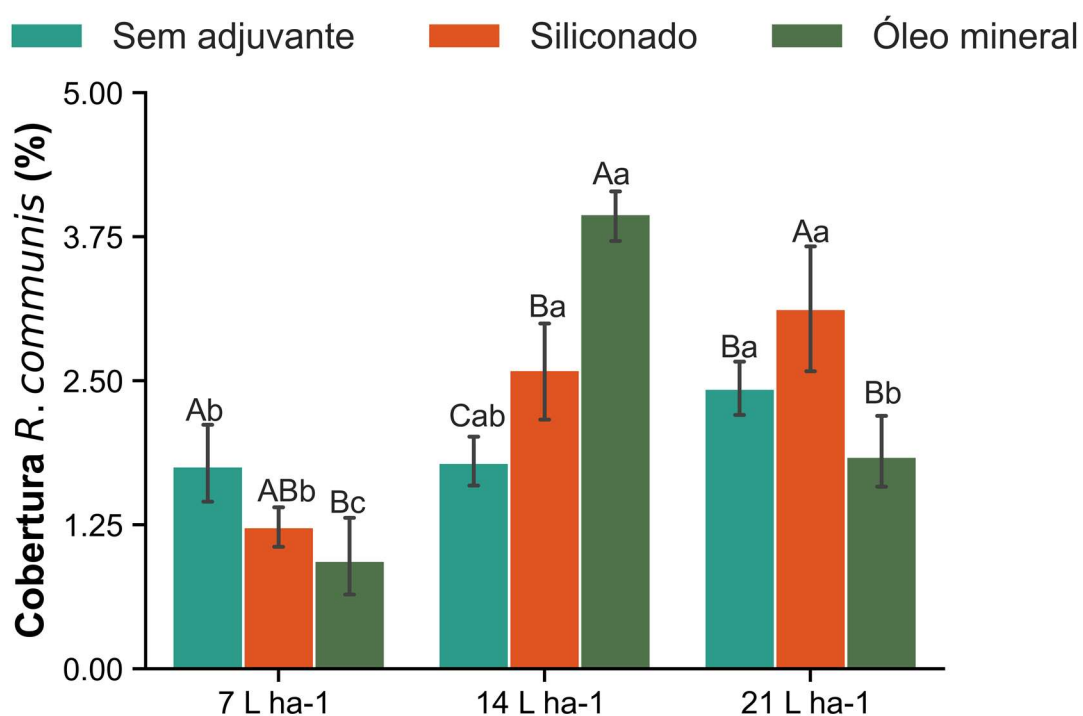


Figura 10. Porcentagem de cobertura superficial em função das caldas e volumes utilizados para controle de *R. communis*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV- 19,41%

5.4.2 *Mucuna aterrima*

No volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL não apresentaram diferenças nos valores de cobertura, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram os menores valores (Figura 11). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas não apresentaram diferenças entre si (Figura 11). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores de cobertura, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL não se diferenciaram apresentando menores valores (Figura 11).

As caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM apresentaram maiores valores de cobertura no volume de 21 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 11). As caldas de TCB + SIL não apresentaram diferenças nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹, apresentando menores valores no volume de 7 L ha⁻¹ (Figura 11).

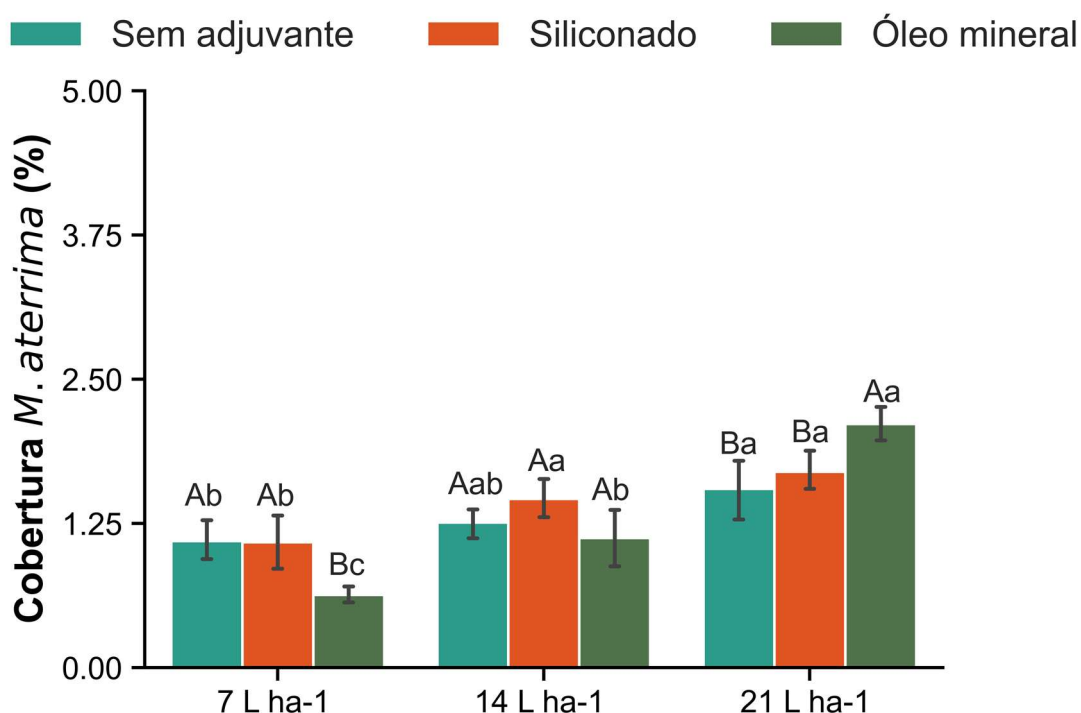


Figura 11. Porcentagem de cobertura superficial em função das caldas e volumes utilizados para controle de *M. aterrima*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 17,96%

5.5 Depósito de calda fitossanitária

5.5.1 *Ricinus communis*

Para os valores obtidos de depósito de calda fitossanitária, nos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ as caldas não apresentaram diferenças (Figura 12). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 12).

Nas caldas de TCB sem adjuvante, apresentaram maiores valores no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças (Figura 12). As caldas de TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram

diferenças entre os volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 12).

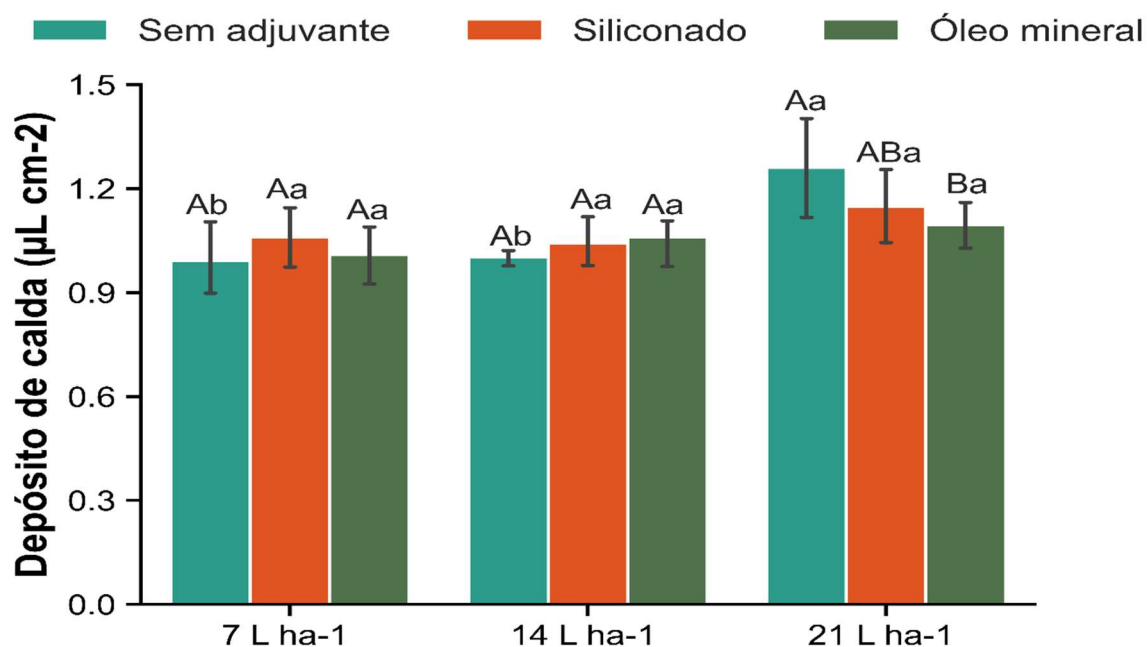


Figura 12. Depósito de calda fitossanitária em função das caldas e volumes utilizados para controle de *R. communis*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 17%

5.5.2 *Mucuna aterrima*

No volume de 7 L ha⁻¹ as caldas não apresentaram diferenças entre si para os valores de depósito (Figura 13). Para o volume de 14 L ha⁻¹, as caldas de TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram diferenças e as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram menores valores de depósito (Figura 13). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 13).

As caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL apresentaram maiores

valores de depósito no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças nos valores de depósitos (Figura 13). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹, não apresentando diferença (Figura 13).

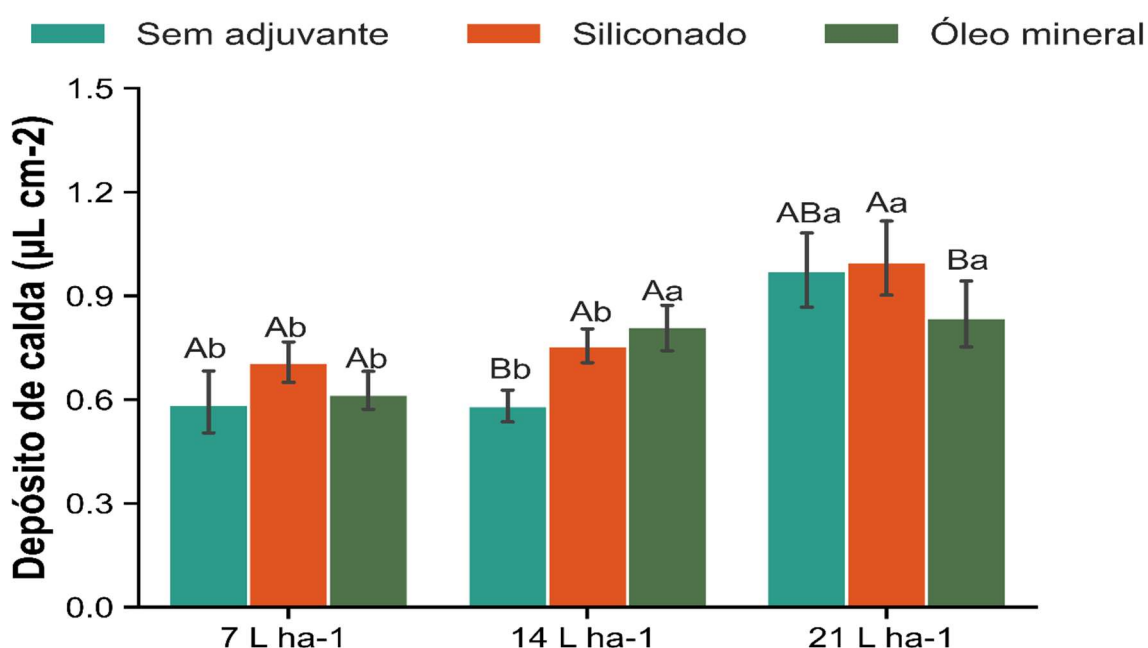


Figura 13. Depósito de calda fitossanitária em função das caldas e volumes utilizados para controle de *M. atterima*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 13,55%

5.6 Controle das plantas daninhas

5.6.1 *Ricinus communis*

A porcentagem de controle 4 DAA nos volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças entre as caldas em cada volume (Figura 14A). As caldas de TCB sem adjuvante e TCB +OM não apresentaram diferenças entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 14A). As caldas de TCB + SIL

apresentaram maiores valores no volume de 21 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 14 L ha⁻¹ (Figura 14A).

Aos 7 DAA no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores de controle, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram menores valores (Figura 14B). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores e as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL não apresentaram diferenças (Figura 14B). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figura 14B).

As caldas de TCB sem adjuvante não apresentaram diferenças de controle entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 14B). As caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores de controle no volume de 21 L ha⁻¹ e menores valores no volume de 14 L ha⁻¹ (Figura 14B). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores no volume de 14 L ha⁻¹ e menores valores de controle no volume de 21 L ha⁻¹ (Figura 14B).

Para as avaliações realizadas aos 14 DAA, no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores de controle, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + SIL não se diferiram (Figura 14C). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não se diferiram (Figura 14C). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM não apresentaram diferenças, apresentando os maiores valores (Figura 14C).

As caldas de TCB sem adjuvante não apresentaram diferenças de controle entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 14C). Para as caldas de

TCB + SIL apresentaram maiores valores no volume de 14 L ha⁻¹ e menores valores de controle no volume de 21 L ha⁻¹ (Figura 14C). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores de controle no volume de 7 L ha⁻¹ e menores valores no volume 21 L ha⁻¹ (Figura 14C).

Aos 21 DAA não apresentaram diferenças entre os fatores volumes e caldas analisados, apresentando 100% de controle (Figura 14D).

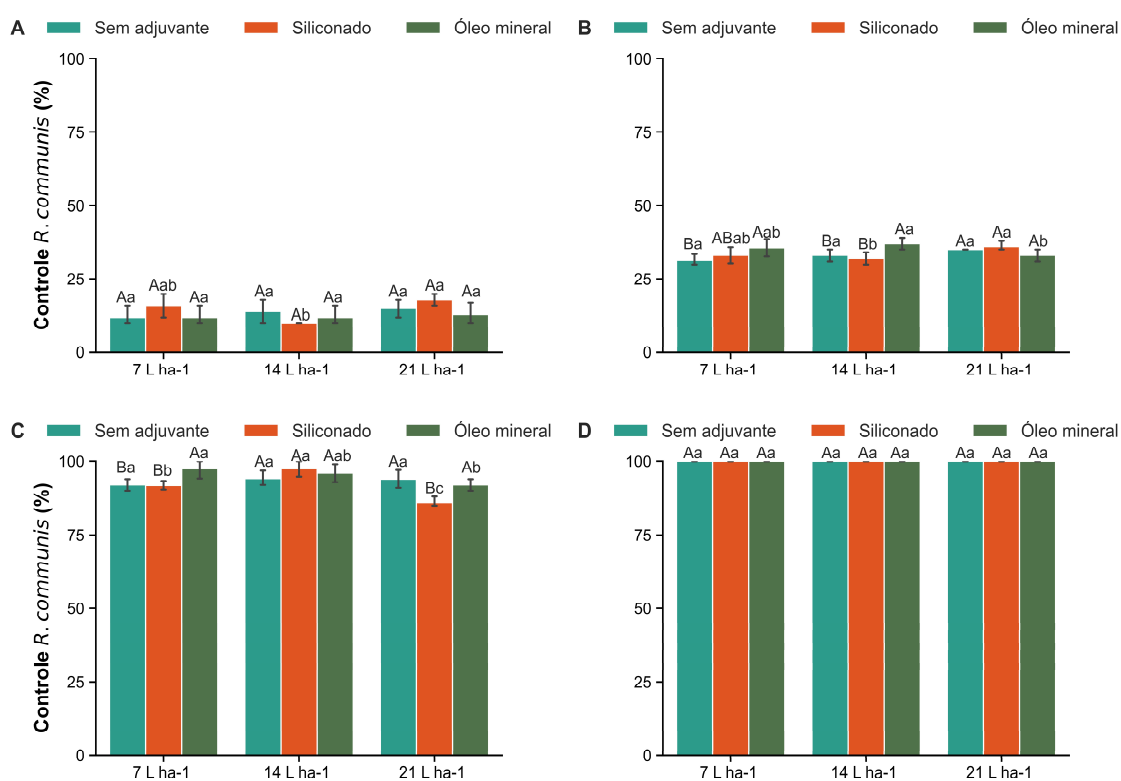


Figura 14. Porcentagem de controle em função das caldas e volumes utilizados para controle de *R. communis* 4 DAA (A), 7DAA (B), 14 DAA (C) e 21 DAA (D).

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 8,39% (4 DAA); 4,48% (7 DAA); 4,79% (14 DAA); 0% (21 DAA).

5.6.2 *Mucuna aterrima*

A porcentagem de controle 4 DAA no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas TCb + SIL e TCB + OM não apresentam diferenças, apresentando maiores valores de controle (Figura 15A). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores, enquanto as caldas de TCB + SIL e TCB + OM não se diferiram, apresentaram manores valores de controle (Figura 15A). No volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figura 15A).

As caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores de controle no volume de 7 L ha⁻¹, enquanto as caldas de TCB + SIL e TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 15A). As caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores nos volumes de 7 e 21 L ha⁻¹, não se diferindo e menores valores no volume de 14 L ha⁻¹ (Figura 15A). As caldas de TCB + OM não se diferiram entre os volumes 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 15A).

Aos 7 DAA no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM e TCB + SIL não se diferiram, apresentaram maiores valores de controle, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram menores valores (Figura 15B). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figura 15B). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores e as caldas de TCB + OM apresentaram menores valores (Figura 15B).

As caldas de TCB sem adjuvante não apresentaram diferenças de controle nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹, apresentando menores valores de controle no voume de 7 L ha⁻¹ (Figura 15B). As caldas de TCB + SIL e TCB + OM

não apresentaram diferenças de controle entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 15B).

Para as avaliações realizadas aos 14 DAA, no volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB + SIL e TCB + OM apresentaram maiores valores de controle, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram menores valores de controle (Figura 15C). No volume de 14 e 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não se diferiram (Figura 15C).

As caldas de TCB apresentaram menores valores de controle no volume de 7 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 14 e 21 L ha⁻¹ não se diferiram, apresentando maiores valores (Figura 15C). Para as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores de controle no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ não se diferiram (Figura 15C). As caldas de TCB + OM não apresentaram diferenças entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figura 15C).

Aos 21 DAA não apresentaram diferenças entre os fatores volumes e caldas analisados, apresentando 100% de controle (Figura 15D).

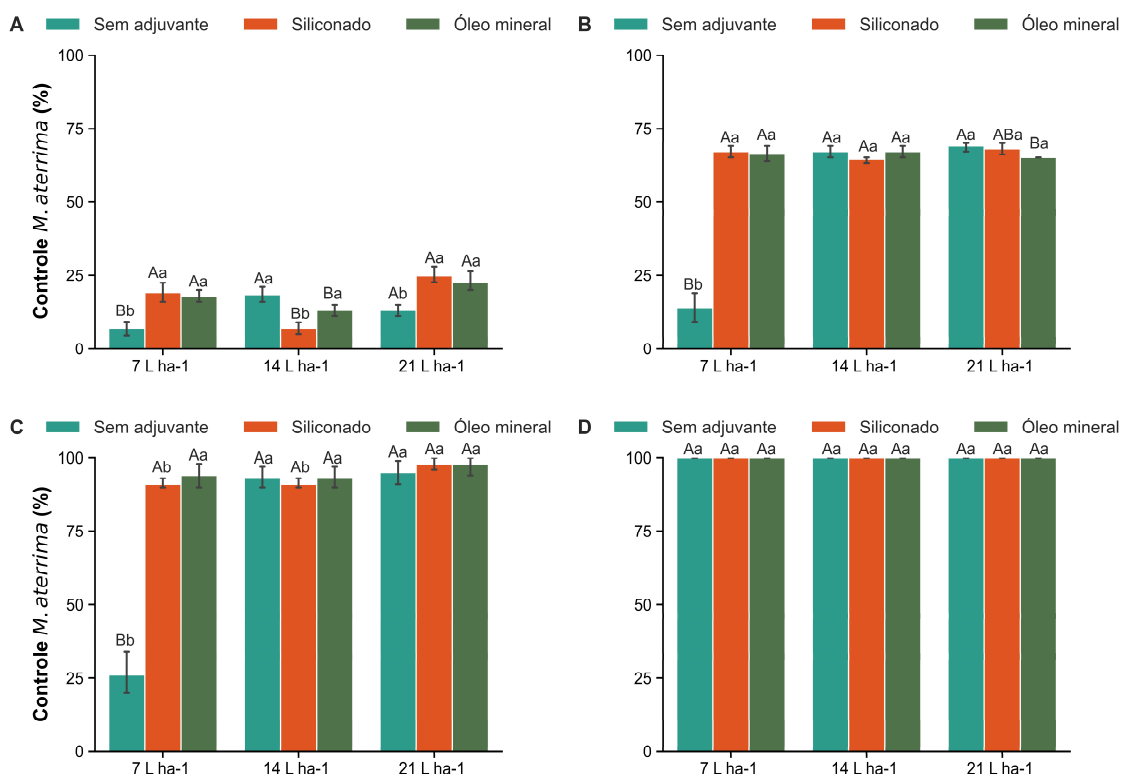


Figura 15. Porcentagem de controle em função das caldas e volumes utilizados para controle de *M. aterrima* 4 DAA (A), 7 DAA (B), 14 DAA (C) e 21 DAA (D).

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 10,52% (4 DAA); 7,97% (7 DAA); 3,55% (14 DAA); 0% (21 DAA).

5.7 Matéria seca

5.7.1 *Ricinus communis*

Considerando a redução de matéria seca, no volume 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante, TCB + SIL e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figuras 16). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores valores de reduções, enquanto as caldas de TCB + OM apresentaram menores reduções (Figuras 16). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores valores de reduções, enquanto as

caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM não apresentaram diferenças (Figuras 16).

As caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores reduções de matéria seca no volume de 14 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 7 e 21 L ha⁻¹ não apresentaram diferenças (Figuras 16). Para as caldas de TCB + SIL apresentaram maiores reduções no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto no volume de 7 L ha⁻¹ apresentaram menores (Figuras 16). As caldas de TCB + OM não se diferenciam entre os volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹ (Figuras 16).

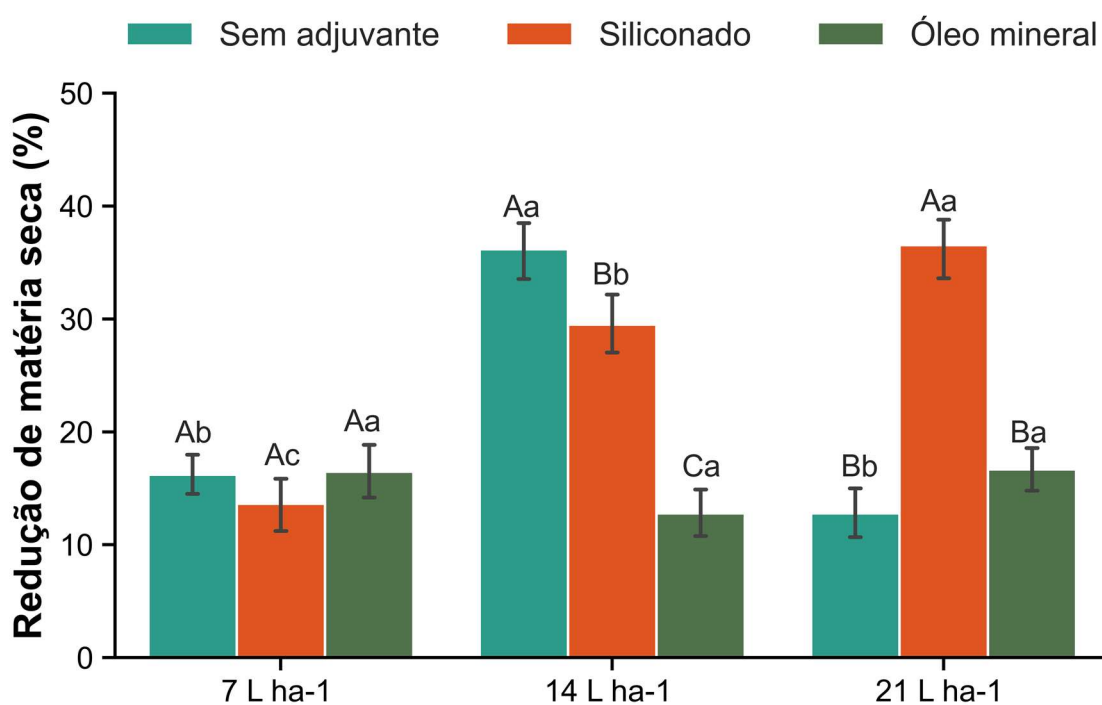


Figura 16. Os valores médios de redução de matéria seca em função das caldas e volumes utilizados para controle de *R. communis*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 14,15%.

5.7.2 *Mucuna aterrima*

No volume de 7 L ha⁻¹ as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores reduções de matéria seca, enquanto as caldas de TCB + SIL apresentaram menores valores (Figuras 17). No volume de 14 L ha⁻¹ as caldas TCB sem adjuvante apresentaram maiores reduções e as caldas de TCB + SIL e TCB + OM não se diferenciaram, apresentando menores valores (Figuras 17). Para o volume de 21 L ha⁻¹ as caldas de TCB + OM apresentaram maiores valores de redução, enquanto as caldas de TCB sem adjuvante apresentaram menores (Figuras 17).

As caldas de TCB sem adjuvante apresentaram maiores reduções no volume de 7 L ha⁻¹ e menores no volume de 21 L ha⁻¹ (Figuras 17). As caldas de TCB + SIL apresentaram maiores redução no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto no volume de 7 L ha⁻¹ apresentaram menores reduções (Figuras 17). As caldas de TCB + OM apresentaram maiores reduções no volume de 21 L ha⁻¹, enquanto nos volumes de 7 e 14 L ha⁻¹ não se diferenciaraam (Figuras 17).

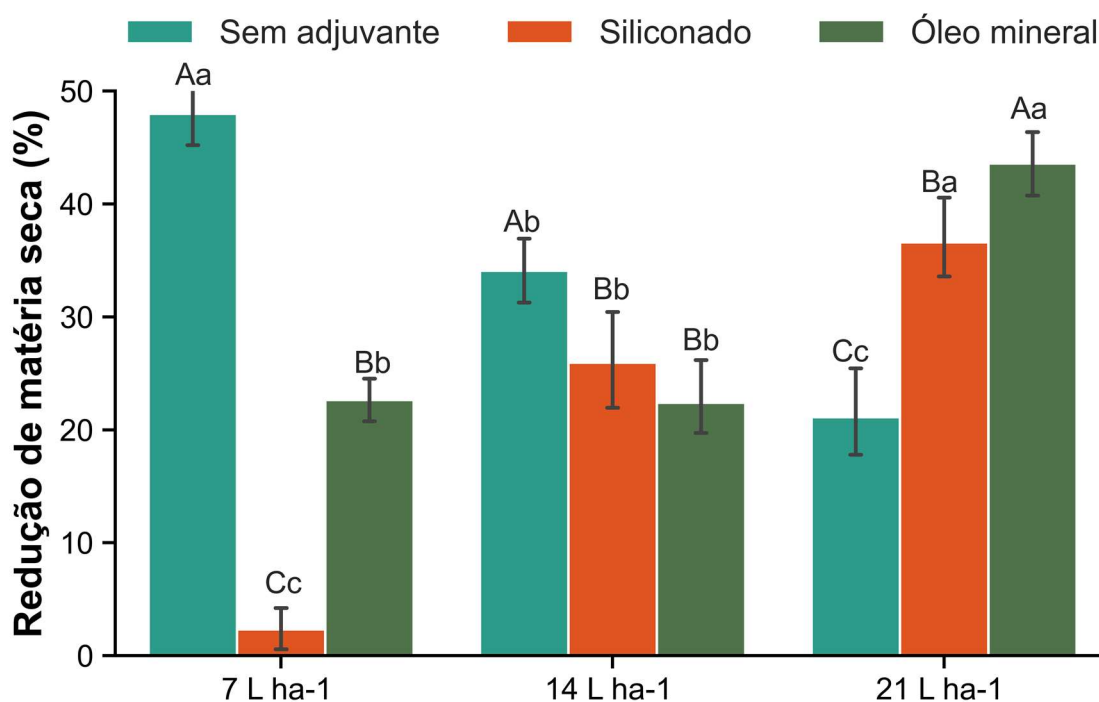


Figura 17. Os valores médios de redução de matéria seca em função das caldas e volumes utilizados para controle de *M. aterrima*.

*Letras maiúsculas comparam diferenças entre caldas no mesmo volume e minúsculas entre volumes de calda. Letras minúsculas e letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV – 14,06%

6 DISCUSSÃO

6.1 Estabilidade físico-química das caldas

Em análises realizadas por Fehndrich (2021), onde realizou avaliações de estabilidade física do herbicida Triclopir em ensaio individual e em misturas com imazapir, imazapique e propanil, apresentaram incompatibilidades físicas como sedimentação e separação de fases em misturas e quando analisados de forma individual. Embora tenha sido observado incompatibilidade em todos os horários avaliados, neste trabalho, não houve entupimentos nos bicos durante a aplicação, nem houve formação de sedimentos no fundo do tanque. Esses

resultados destacam a importância da eficiência contínua da calda ao longo de todo o processo de aplicação (PELEGRINI, 2021).

Considerando que os RPA atuais não possuem o sistema de agitação, mostra a importância de um tanque misturador de calda durante a aplicação e o conhecimento prévio das misturas de caldas a serem utilizadas.

Quanto as análises de estabilidade química, conforme os resultados apresentados, observa-se resultados de pH próximos a neutralidade, resultados observados nas caldas de TCB sem adjuvante e TCB + OM. Segundo Petter et al. (2013), misturas com pH próximo à neutralidade apresentam uma maior concentração de cátions, os quais podem se complexar com os ingredientes ativos dispersos, promovendo a formação de precipitados e acelerando a degradação do produto. Esse processo reduz a quantidade de ingrediente ativo disponível, resultando em menor eficácia biológica do produto. Assim, a redução do pH minimiza a hidrólise alcalina de produtos sensíveis à calda com pH elevado (CUNHA; ALVES, 2009).

Segundo Murphy (2004), a maioria dos produtos são menos afetados pela acidez do que pela alcalinidade. As caldas de Triclopir-butotílico associado ao adjuvante siliconado, manteve-se estável durante os momentos de avaliação, apresentando valores de pH próximo á acidez.

Com os resultados obtidos da avaliação de viscosidade neste trabalho, a adição do adjuvante óleo mineral na calda de Triclopir-butotílico diminuíram a viscosidade em todos os volumes avaliados. Em geral, óleos tendem a aumentar ou manter a viscosidade, como apresentado no estudo de Berna Moreira e Antuniassi (2024), as caldas associadas com óleos mineral e vegetal

apresentaram maiores valores de viscosidade, com valores de 1,17 e 1,24 mPa s, respectivamente. Entretanto em alguns casos específicos e em baixas concentrações, o óleo mineral pode alterar a estrutura da mistura de forma que a viscosidade diminua.

Adjuvantes que aumentam a viscosidade da calda dificultam a formação de gotas pequenas, o que pode contribuir para uma aplicação mais precisa e eficaz dos produtos fitossanitários (STOCK E BRIGGS, 2000). Seguindo este critério, as caldas mais estáveis são Triclopir-butotílico sem adjuvante e associado ao adjuvante siliconado, apresentaram valores de viscosidade superiores em comparação com os tratamentos associado ao adjuvante óleo mineral.

6.2 Tensão superficial e ângulo de contato

A relação entre a tensão superficial e o ângulo de contato é diretamente proporcional, o que está inversamente ligada ao comportamento de espalhamento da calda sobre a superfície da planta. Em outras palavras, uma redução na tensão superficial leva a uma redução no ângulo de contato, o que resulta em um aumento do espalhamento da calda sobre a superfície da planta (IOST; RAETANO, 2010). Como observado nos resultados obtidos, houve a redução da tensão superficial. Em trabalhos realizados por Cunha; Alves (2009) e Landim (2020) apresentam valores da tensão superficial próximos de 70 mN m⁻¹.

Mesmo as gotas que conseguem aderir à superfície foliar formam ângulos de contato elevados, o que reduz a área de molhamento. Esse confinamento da

gota limita a cobertura e a eficácia da pulverização, muitas vezes levando ao uso incorreto de volumes excessivos de calda para compensar essa baixa distribuição sobre a superfície vegetal. (KOCH; ENSIKAT, 2008; KIRKWOOD, 1999; FERREIRA et al., 2012). Considerando os resultados obtidos no presente trabalho, quando utilizadas as caldas de TCB sem adjuvante, não apresentaram diferença referente ao ângulo de contato nos diferentes volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹.

Desta forma, ambos adjuvantes utilizados neste trabalho e o herbicida utilizado sem adjuvante reduziram significativamente a tensão superficial, o que demonstra a presença de compostos tensoativos na formulação.

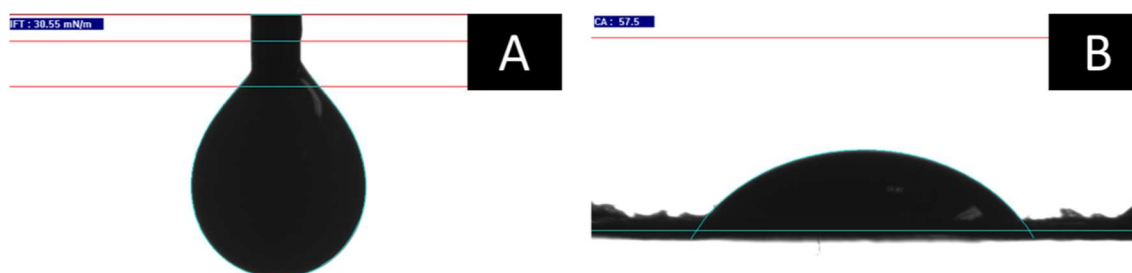


Figura 18. Tensão superficial da calda Triclopir-butotílico sem adjuvante 7 L ha⁻¹(A); Ângulo de contato da calda Triclopir-butotílico sem adjuvante 7 L ha⁻¹ (B).

6.3 Cobertura

Na literatura, são encontradas diversas orientações sobre a cobertura adequada para a aplicação de produtos fitossanitários. Segundo VOLL et al. (2019) é de suma importância o conhecimento das características dos herbicidas, sendo o produto com ação sistêmica ou de contato, pois há diferença

na necessidade de cobertura de gotas para cada modo de ação. Considerando que no presente trabalho foi utilizado herbicida sistêmico, apresentam eficiência mesmo com menores níveis de cobertura sobre a superfície alvo.

Considerando resultados encontrados por Silva (2022) em que seu estudo apresentou cobertura de 1,3% proporcionada por aplicação via RPA com taxa de aplicação de 10 L ha⁻¹, no estudo apresentado com o herbicida Triclopir-butofílico sem adjuvante e com adjuvante siliconado, apresentaram valores próximos de 1,4 e 1,2%, respectivamente. Em contrapartida, os resultados obtidos por Montanhani (2023), apresentaram valores altos de cobertura, variando de 3,84 a 9,15% quando utilizado RPA com taxa de aplicação de 15 L ha⁻¹.

Com a utilização de produtos sistêmicos para controle de plantas daninhas, esses baixos valores de cobertura não são problemas, considerando que nesta área de contato há maior concentração de produto, o que ajuda a explicar o controle de pragas eficiente relatados na literatura (SILVA, 2022). Sendo assim, quando depositada a dose necessária, não demanda níveis de cobertura maiores para desempenhar o efeito herbicida.

6.4 Depósito de calda fitossanitária

De acordo com as observações de Derksen e Sanderson (1996), a uniformidade na deposição do produto está diretamente ligada ao incremento do volume de calda aplicado, sendo que maiores volumes tendem a favorecer uma distribuição mais homogênea sobre o alvo. Os resultados de depósito obtido neste estudo evidenciam que não houve redução do depósito conforme houve a

redução da taxa de aplicação.

No estudo conduzido por Martin et al. (2020), observou-se que a pulverização realizada por um RPA, aplicando volumes de 18,7 e 37,4 L ha⁻¹, apresentou resultados de depósito sobre alvos artificiais equivalentes aos obtidos por um equipamento costal propelido a CO₂, ajustado para fornecer uma taxa de 140 L ha⁻¹. Xiao et al. (2020) em seu estudo observou maior deposição obtida com a RPA com 0,55 µL cm⁻², 98% a mais que o pulverizador costal elétrico. No presente trabalho, a avaliação de deposição de caldas apresentaram como valores no volume de 7 L ha⁻¹, valores de 0,58 variando até 0,73 µL cm⁻².

No experimento realizado por Montanhani (2023), demonstra que, apesar de uma menor cobertura de pulverização com drones, o depósito de gotas foi maior em certos estágios da planta, podendo contribuir para uma maior eficácia no controle. Os valores de deposição em relação ao controle alcançado neste estudo corroboram a afirmação de Prado et al. (2015), menciona que a diminuição da taxa de aplicação, quando não compromete a eficácia do produto, surge como uma estratégia vantajosa. Essa abordagem possibilita a economia de água, aumento da eficiência operacional e diminuição dos custos, tornando-se uma alternativa promissora no manejo fitossanitário.

6.5 Controle

Independente dos volumes e do herbicida associado ou não com adjuvante, o controle de *R. Communis* e *M. aterrima* não evidenciou diferença, apresentando controle considerado “excelente”.

As diferentes caldas e volumes utilizados ocasionou injúria à planta, já que

o herbicida Triclopir-butotílico atua como mimetizador de auxinas, que como sintomas as plantas podem apresentar epinastias, enrolamento de folhas, ramos e pecíolos, além de alterações no limbo foliar e no sistema vascular da planta, resultando em possíveis tumores no caule. Esses sintomas são seguidos de clorose, necrose e inibição dos pontos de crescimento (ROMAN et al., 2005).

Tanto nas avaliações visuais de controle para a Mamona e Mucuna, foi observado comportamento onde as caldas não se diferiram em relação ao controle em um mesmo volume, sendo 7, 14 ou 21 L ha⁻¹. Entretanto pode ser observado nos resultados, comportamento nos tratamentos onde não utilizado o adjuvante, ocorrendo um “atraso” ao controle das plantas. Em trabalho realizado por Leite (2020) onde utilizou o herbicida paraquat, apresentou como resultado o adjuvante óleo mineral acelerando a ação do herbicida. Segundo Theisen e Ruedell (2004), a adição de adjuvantes melhora o ambiente da calda de aplicação e as condições para a proteção e a absorção dos herbicidas.

A similaridade na eficácia do controle das plantas de *R. communis* e *M. aterrima* com volumes de 7, 14 e 21 L ha⁻¹, sem diferenças significativas na maioria das análises, sugere a possibilidade de reduzir o volume de calda, o que pode aumentar a capacidade operacional da aplicação e, conseqüentemente, diminuir custos (RODRIGUES et al., 2011).

6.6 Matéria seca

Em experimento realizado por Monquero (2011), para realizar o controle de Mamona e Mucuna, utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂, o que proporcionou volume de calda de 200 L ha⁻¹, reduziu massa da matéria seca de Mamona e Mucuna em 52% e 66,99%, respectivamente, quando comparada

com a testemunha. No presente trabalho utilizando volumes de 7,14 e 21 L ha⁻¹, foi possível reduzir a massa de matéria seca em torno de 40 a 50% variando entre as caldas utilizadas associadas ou não aos adjuvantes.

Comportamento notório observando os resultados foi a adição do adjuvante não mostrando potencialização do efeito herbicida em relação a redução da matéria seca das plantas, corroborando com os resultados obtidos por Webber et al. (2018), o que revela a necessidade de investigar em futuros estudos se houve algum prejuízo na adição do adjuvante.

7 CONCLUSÕES

A recomendação de Triclopir-Butotílico associado aos adjuvantes Siliconado e Óleo mineral necessita de agitação.

A formulação do herbicida Triclopir-Butotílico contém tensoativos, portanto seu uso sem adjuvante é recomendado para controle de *M. Aterrima* e *R. Communis*.

Os RPA apresentam excelente controle de *M. Aterrima* e *R. Communis* em todas as taxas utilizadas, 7, 14 e 21 L ha⁻¹, evidenciando seu potencial de uso na aplicação de herbicidas para o controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar e a possibilidade de redução na taxa de aplicação.

Novos estudos com drones devem ser conduzidos com taxas de aplicação, velocidade de voo, altura de voo em diferentes em condições operacionais variáveis para obtenção de dados que contribuam para o melhor conhecimento desta tecnologia de pulverização não tripulada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALAM (ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS). **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas.** [S.l.], 1974. v. 1, n. 1, p. 35-38.
- ALMEIDA, F. S. (1992) **Herbicidas residuais em diferentes sistemas de preparo do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, n.4, p.595-601, abr.1992.
- ANKEN, T.; WALDBURGER, T. Working quality, drift potential and homologation of spraying drones in Switzerland. In: GANDORFER, T. M. **Digitalisierung für mensch, Umwelt and Tier, Lecture Notes in Informatics (LNI).** Bonn, Alemanha: Gesellschaft für Informatik, 2020.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Editora: Fepaf. Botucatu, SP. 279 p
- ANTUNIASSI, U. R.; FURLAN, S. H.; MOTA, A. A., CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; SOUSA, S. F. G. Efeito do tamanho de gotas e taxa de aplicação no controle da ferrugem asiática da soja com mancozeb. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 50, 2017, Uberlândia /MG. **Anais [...].** Uberlândia: SBF, 2017b v.1 p.1.
- ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: **Tecnologia de aplicação para grandes culturas,** Passo fundo: Aldeia Norte, 2011, p.27-49.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13074: Agrotóxicos e afins - Preparação de água-padrão para ensaios.** Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13875: Agrotóxico - Avaliação de compatibilidade físico-química.** Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.** Rio de Janeiro, 2010.
- AZANIA C. A. M.; ROLIM J. C.; AZANIA A. A. P. M. (2008) **Plantas daninhas.** In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA (Eds.) Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 465-490.
- BERNA MOREIRA, R.; ANTUNIASSI. Potencial de deriva na pulverização aérea com ponta de jato plano de impacto. **Energia na agricultura,** [S. l.], v. 39, n. publicação contínua, p. 1–5, 2024.

BIGLIA, A.; GRELLA, M.; BLOISE, N.; COMBA, L.; MOZZANINI, E.; OPEGNO, A.; PIRRARELLO, M.; DICEMBRINI, E.; ALCATRÃO, L. E.; GUGLIERI, G.; BALSARI, P.; AIMONINO, D. R.; GAY, P. **UAV-spray application in ineyards: flight modes and spray system adjustment effects on canopy deposit, coverage and off-target losses**. Science of the Total Environment, v. 845, n. 157292, p. 1-17, Nov. 2022.

BRESSANIN, F. N.; NETO, N. J.; NEPOMUCENO, M. P.; ALVES, P. L. C. A.; CARREGA, W. C. (2016) **Interference periods of velvet bean in sugarcane**. Ciência Rural 46:1329-1336.

CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; CARDOSO, L. R. **Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda**. Planta Daninha, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CAVENAGHI, A. L.; CARBONARI, C. A. **Tecnologia de aplicação de herbicidas para o controle de plantas daninhas**. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação para culturas anuais.1 ed. Passo fundo: Aldeia Norte, p. 261-282, 2011.

Chaim A, Neto JC, Pessoa MCPY (2006) **Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 23 p. (Embrapa-Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 39).

CHEN, S. D., LAN, Y. B., ZHOU, Z. Y. **Effects of spraying parameters of small plant protection UAV on droplets deposition distribution of orange trees**. Journal of South China Agricultural University, v.38, n.5, p.97–102, 2017. (in Chinese).

CHOW, P. N. P (1993). **Adjuvants in spray formulation in relation to foliar application of herbicides**. In: Matthews, G. A.; Hislop, E. C. (Ed.). Application technology for crop protection. Wallingford: CAB. p. 291-304.

CONAB – COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO (2023). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 11, safra 2023/24, n. 4, quarto levantamento 2023, p. 1-50. Disponível em: www.conab.gov.br . Acesso em: 09 ago 2024.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. (2002) **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, 55 p. (Boletim Agropecuário, 51).

CORREIA, Núbia Maria. Eficácia do mesotrione aplicado isolado e em mistura para o controle de corda-de-violão e de mucuna preta em cana-soca. **Álcoolbras**, v. 133, p. 46-51, 2011.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; COSTA, L. D. N. C. **pH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadriflora* e *Panicum repens*.** Planta Daninha, v. 23, n. 2, p. 295-304, 2005.

COURSHEE, R. J. (comp.). **Application and use of foliar fungicides.** In: **TORGESON, D C (ed.). Fungicides.** Nova York: Academic Press, 1967. Cap. 8. p. 240-284.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. **Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola.** INCI, Caracas, v. 34, n. 9, set. 2009.

CUNHA, J. P. A. R. da. Use of remotely piloted aircrafts for the application of plant protection products. **Engenharia Agrícola**, Uberlândia, v. 41, n. 2, p. 245-254, 2021.

DERKSEN, R. C.; SANDERSON, J. P. **Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit.** Transactions of the ASAE, v.39, n.1, p.5-9, 1996.

ENDERLE, B., **Commercial applications of uav's in japanese agriculture.** In 1st UAV Conference. Portsmouth, Virginia, 2002.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. (2001) **Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira 36:1355-1362.

FEHNDRICH, S. P. **Avaliação do uso e da estabilidade físico-química de misturas de herbicidas em tanque.** 2021. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Pampa Campus Itaqui, Itaqui, 2021.

FERREIRA, M. C.; Costa, G. M.; Silva, A. R.; Tagliari, S. R. A (2007). Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 471-478.

FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; CAMPOS, H. B. N.; DECARO JUNIOR, S. T. Impactos da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na agricultura. In: BUSOLI, A. C. et al. **Tópicos em entomologia agrícola** - V. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2012. Cap. 7, p. 69-78.

FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; DECARO JUNIOR, S. T.; NEVES, S. S.; AZEVEDO, L. H. **Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 1431-1440, nov. 2013.

FERREIRA, M. C.; MACHADO-NETO, J. G.; MATUO, T. **Redução da dose e do volume de calda nas aplicações noturnas de herbicidas em pós-emergência na cultura de soja.** Planta Daninha, v. 16, p. 25-36, 1998.

FERREIRA, U. C. Q.; QUEIROZ, W. N.; BELTÃO, N. E. M. (2009) **Fitotoxicidade e seletividade do herbicida trifloxysulfuron sodium na mamona cultivar BRS Nordestina.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 13:916-921.

FIGUEIREDO, P. (2008) **Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil.** In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA (Eds.) Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 31- 43.

GWYNNE, D. C.; MURRAY, R. B. **Weed biology and control in agriculture and horticulture.** London: Batsford Academic and Educational, 1985. 258 p. I

HERBST, A.; BONDS, J.; WANG, Z.; ZENG, A.; HE, X.; GOFF, P. **The influence of unmanned agricultural aircraft system design on spray drift.** Journal fur Kulturpflanzen, v. 72, n. 1, p. 1-11, 2020. DOI 10.5073/JfK.2020.01.01.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. **Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, ago. 2010.

KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pestic Sci**, v. 55, p. 69–77, 1999.

KISSMANN, K. G. (1997). Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77.

KOCH, K.; ENSIKAT, H. J. The hydrophobic coatings of plant surfaces: epicuticular wax crystals and their morphologies, crystallinity and molecular self-assembly. **Micron**, v. 39, p. 759–772, 2008.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES P. L. C. A. (2003) **Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*).** Planta Daninha 21:37-44.

LANDIM, T. N. Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja. **Humanidades & Tecnologia em Revista (Finom)**, Uberlândia, v. 23, p. 1-17, abr. 2020.

LEITE, T. M.; MIRANDA, G. R. B. L.; MEDEIROS, W. S.; BOTREL, P. P.; ALVES, A. D.. Contact herbicides combined with mineral oil to control dayflower weeds. **Revista Agrogeoambiental**, Muzambinho, v. 12, n. 1, p. 135-139, 17 jul. 2020. IFSULDEMINAS (Instituto Federal do Sul de Minas).

LIMA, M. G. S.; MENDES, C.R.; MORAES, D. M.; LOPES, N.F.; RODRIGUES M. A. V. (2007) **Caracterização da qualidade fisiológica de sementes de mamona cultivar Guarani**. Revista Brasileira de Biociências 5:675-677.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 440 p.

MARCHI, G., MARCHI, E. C. S., & GUIMARÃES, T. G. (2008). **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E).

MARTIN, D.; SINGH, V.; LATHEEF, M.A.; BAGAVATHIANNAN, M. **Spray deposition on weeds (Palmer amaranth and Morningglory) from a remotely piloted aerial application system and backpack sprayer**. Drones, v.4, n.59, 2020.

MARTINS, W. J. **Identificação e controle de plantas daninhas através de análises de imagens realizadas por arp: uma revisão**. 2023. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialista em Fitossanidade, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MONQUERO, P. A. Saflufenacil no controle de *Luffa aegyptiana*, *Merremia cissoides*, *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, São Carlos, v. 10, n. 3, p. 176-182, dez. 2011.

MONTANHANI, M. E. S.. **Controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura da soja por aplicação terrestre e drone**. 2023. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, Botucatu, 2023.

MURPHY, G. **Water pH and its effect on pesticides**. Ontário: Ministry of Agriculture and Food. Disponível em: . 2004. Acesso em: 10 jun 2018.

MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. (2015) **Fisiologia da maturação e maturadores em cana-de-açúcar**. In: Silva FC, Alves BJR, Freitas PL (Eds.) Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos. Brasília: Embrapa, p. 222-287.

OLIVARES, A. R.; CARRILLO-GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ M. C. A.; HERNÁNDEZ, R. M. S. (2013) **Potential of castor bean (*Ricinus communis***

L.) for hytoremediation of mine tailings and oil production. Journal of Environmental Management 114:316-323.

OLIVEIRA, A. J. **Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão.** Braz. J. of Develop, v. 5, n. 2, 2020.

OLIVEIRA, F. L.; GOSCH, C. I. L.; GOSH, M. S.; MASSAD, M. D. (2010) **Produção de fitomassa, acúmulo denutrientes e decomposição de leguminosas utilizadas para adubação verde.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias 5:503-508.

PELEGRINI, G. **Controle de mosca branca na cultura da soja com pulverização assistida de ar e gotas carregadas eletricamente.** 2021. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Unesp Jaboticabal, Jaboticabal, 2021. Cap. 4.

PETTER, A. F.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. **Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas.** Comunicata Scientiae, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

PRADO, A.M.; KAUER, C.; SOTO, P.; SOLAR, C.E.D.; SOZA, J.A.; DEPALLENS, D. **Adyuvantes, sus propiedades efectos en las aplicaciones de fitorreguladores.** 2008

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; COSTA, S. A.; CHRISTOVAM, R. S. **Effects of silicone surfactant and application rates on spray deposition and soybean rust control.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.35 n.3, 2015. doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p514-527/2015

PUPO NIH (1979) **Manual de Pastagens e Forrageiras.** Campinas: IAC, 343 p

RAMIA, V. V. **Manejo químico de *Ricinus communis* utilizando herbicidas seletivos à cana-de-açúcar.** STAB, v. 28, p. 38-41, 2009.

RICHARDSON, B. **Quantifying spray deposition from a UAV configured for spot spray applications to individual plants.** Transactions of the ASABE, v. 63, n. 4, p. 1049-1058, 2020.

RODRIGUES, E. B.; ABI, S., Otavio J. G.; GANDOLFO, M. A. **Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glyphosate.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 1, p. 90-95, 2011.

ROMAN, E. S. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação.** 2005. Disponível
Em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/12492345/Como+funcionam+os+herbicidas/954b0416-031d-4764-a703-14d9b28b178e?version=1.0>. Acesso

em: 05 set. 2024.

SALATTA, J.; ADEVAIR, B. **Acurácia e precisão de calibração na pulverização com VA**. 2023. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, Botucatu, 2023.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Adubação: resíduos alternativos**. EMBRAPA, 2009. Disponível em: . Acesso em: 21 agost. 2024.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007. 458 p.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas**. Planta Daninha, v. 19, p. 223- 228, 2001.

SILVA, G. B. F.; AZANIA, C. A. M.; NOVO, M. C. S. S.; WUTKE, E. B.; ZERA, F. S.; AZANIA, A. A. P. M. (2012) **Tolerância de espécies de Mucuna a herbicidas utilizados na cultura da cana-deaçúcar**. Planta Daninha 30:589-597.

SILVA, M. R. A. **Deposição de calda aplicada com aeronave remotamente pilotada nas culturas de milho e soja**. 2022. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S. (2015) **Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar**. Revista Caatinga 28:21-32.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. **Eficácia e perda do herbicida 2, 4-d amina aplicado com diferentes volumes de calda e pontas de pulverização**. Planta Daninha, v. 29, p. 1149-1156, 2011.

SPADONI, A. B. D. **Propriedades físico-químicas e primórdios da perda de estabilidade de calda inseticida em misturas com fungicidas e adjuvantes**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CÂMPUS JABOTICABAL, 2019.

STOCK, D.; BRIGGS, G. Physicochemical properties of adjuvants: values and applications. **Weed Technology**, Cambridge, v.14, n.4, p.798-806, 2000.

TEDESCO, V. (2009) **Utilização de Mucuna-preta como alternativa ao uso do fogo**. Ascom-RO. Disponível em: . Acesso em: 14 set. 2024.

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90 p.

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

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. htmL (Embrapa Trigo. Documentos Online,56). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm>. Acesso em: 10 de Agosto/2024

VOLL, E.; BRIGUENTI, A.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S. **Árvore do conhecimento: Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Embrapa: Agência Embrapa de Informações Tecnológica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-de-plantas-daninhas/tecnologia-deaplicacao-de-herbicidas>. Acesso em: 18 de setembro de 2024.

WEBBER III, C.L.; WHITE Jr., P.M.; SHREFLER, J.W.; SPAUNHORST, D.J. Impact of acetic acid concentration, application volume, and adjuvants on weed control efficacy. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.8, p.1-6, 2018. DOI: 10.5539/jasv10n8p1

XIAO, Q.; DU, R.; YANG, L.; HAN, X.; ZHAO, S.; ZHANG, G.; FU, W.; WANG, G.; LAN, Y. Comparison of Droplet Deposition Control Efficacy on Phytophthora capsica and Aphids in the Processing Pepper Field of the Unmanned Aerial Vehicle and Knapsack Sprayer. **Agronomy**, China, v. 10, n. 2, p. 215, 2 fev. 2020.

ZOLIN, C. A.; PAULINO J.; BERTONHA A., FREITAS P. S. L.; FOLEGATTI, M. V. **Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo**. I. Características do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v. 15, n. 1, p. 22-28, 2011.