

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RELAÇÃO DO ESPALHAMENTO DE CALDAS
FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**

Renata Thaysa da Silva Santos

Engenheira Agrônoma

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RELAÇÃO DO ESPALHAMENTO DE CALDAS
FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS**

Renata Thaysa da Silva Santos

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Gomes Viana

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2017

Santos, Renata Thaysa da Silva
S231r Relação do Espalhamento de Caldas Fitossanitárias em
Superfícies de Folhas com o Controle de Plantas Daninhas / Renata
Thaysa da Silva Santos. -- Jaboticabal, 2017
12, 78 p. 68: il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientadora: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Rone Batista de Oliveira, Mariluce Pascoina
Nepomuceno.
Bibliografia

1. Adjuvante. 2. aminopiralide+fluroxipir. 3. ângulo de contato. 4.
planta daninha. 5. tensão superficial I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.51

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RELAÇÃO DO ESPALHAMENTO DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

AUTORA: RENATA THAYSA DA SILVA SANTOS
ORIENTADOR: MARCELO DA COSTA FERREIRA
COORIENTADOR: RAFAEL GOMES VIANA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. RONE BATISTA DE OLIVEIRA
Departamento de Agronomia / Universidade Estadual do Norte do Paraná / Bandeirantes/PR


Pós-doutoranda MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 26 de julho de 2017

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

RENATA THAYSA DA SILVA SANTOS – nascida em Jacundá, Pará, no dia 25 de julho de 1993, filha de Solange da Silva Santos e Valderon da Silva Santos. cursou o Ensino Fundamental na Escola Municipal Rosália Correia e Ensino Médio na Escola Estadual Professora Maria da Glória Rodrigues Paixão, tendo finalizado no ano de 2009. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2010 no curso de Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Câmpus de Parauapebas, obtendo o título de Engenheira Agrônoma, em julho de 2015. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica, três anos como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e um ano como bolsista da Fundação Amazônia de Amparo a estudos e Pesquisas (FAPESPA), na área de manejo de plantas daninhas, sob orientação do Prof. Dr. Rafael Gomes Viana, sendo integrante do grupo Manejo Integrado de Plantas Daninhas na Amazônia (MIPDAM). Devido ao vínculo do grupo com a empresa VALE S. A., foram realizados trabalhos na área de entomologia e manejo de espécies exóticas na Floresta Nacional de Carajás (FLONA). Em agosto de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no Programa de Produção Vegetal, com concentração na área de Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, sendo integrante do grupo Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), localizada no Departamento de Fitossanidade dessa instituição, com bolsa concedida pelo CNPq. Atualmente é integrante do grupo NEDTA e colaboradora do grupo MIPDAM.

“Atrás da beleza deslumbrante ou singela das plantas, escondem-se venenos terríveis ou princípios benéficos, ou ambos; cabe-nos descobri-los e identificá-los para fazer o melhor uso”.

Harri Lorenzi

À minha família, pela paciência e apoio. Por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sempre apoiando os meus sonhos. Em especial para minha irmã Roberta pelo incentivo constante nos estudos, apoio em todos os momentos e dedicação em cuidar de mim durante toda minha existência. Mãe, pai e Roberta, vocês significam meu tudo, e todas as minhas vitórias serão dedicadas a vocês.

Amo muito vocês!!

Dedico

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização
desse sonho.

Obrigada!

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Papai do Céu que cuida de mim, em todos os momentos da minha vida. A minha mãe, por ser um exemplo de mulher guerreira, ensinando sempre lutar e nunca desistir, por fazer tudo por mim, abdicando dos seus sonhos para realizar os meus. Obrigada minha mamãe!

À minha irmã, pelo seu amor incondicional, sempre cuidando e me protegendo, apoiando os meus sonhos, e pelos diversos momentos ter me colocado em primeiro lugar na sua vida. Obrigada pelo incentivo, “puxões de orelha”, que tanto me ajudam a superar os obstáculos na minha vida. Amo-te! Ao meu pai, pelos ensinamentos, cuidados e incentivos durante toda a minha vida. Obrigada pelo seu amor! À Tia Cláudia Moraes que sempre acreditou na minha capacidade e pelos conselhos durante essa jornada. Aos meus primos, em especial, à Indri Santos, Ymara Nyelle, Dhessyca Moraes, Paula Moraes e Alderlann Ramos.

À Juliana Oliveira pelos 19 anos de amizade, que resiste ao tempo e a distância! À Cleidiane Rodrigues pela amizade, como dissemos “da escola para vida”. À Yanna Costa, Rozilda dos Santos e Cíntia Marega por terem compartilhado tantos momentos comigo, pelos conselhos e incentivo.

Ao Mailson Oliveira pelo companheirismo, amizade, incentivo, sempre acreditando na minha capacidade, e por se fonte de tranquilidade quando mais precisei. Agradeço sua dedicação em me fazer feliz. Obrigada!

À Universidade Estadual Paulista (UNESP/FCAV), Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa e oportunidade de realizar um curso de pós-graduação.

Ao meu orientador Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pelos ensinamentos, paciência e conselhos que foram tão importantes para meu crescimento profissional e pessoal. Agradeço por ter acreditado na minha capacidade, e principalmente por embarcar comigo nesse projeto. Obrigada!

Ao meu coorientador Dr. Rafael Gomes Viana, responsável por ter semeado a semente da pesquisa em mim, pela orientação durante toda a graduação, pelos momentos vividos e sonhos realizados. A Dr^a. Joseane Moutinho Viana meu eterno agradecimento pelos seus ensinamentos.

Às empresas que cederam produtos para realização do projeto, em especial a Dow Agrosience, na figura do Sr. Neivaldo Tunes Caceres. Muito obrigada!

À todo corpo docente da UNESP que fizeram parte da minha formação, em especial aos professores Dr. Pedro Luís Costa Aguiar Alves, por ter doado sementes para a realização do projeto. Ao Dr. José Carlos Barbosa, pelo conhecimento repassado e pela valiosa colaboração na estatística deste projeto. Ao Dr. Glauco Rolim, que tanto me ensinou. Aos servidores da UNESP, especialmente aos do Departamento de Acarologia. A Dr^a Mara Moitinho pela enorme ajuda e colaboração para análise dos dados.

Aos funcionários do departamento, em especial ao Gilson J. Leite, pela disposição em ensinar, agradeço muito por ter tido a oportunidade de trabalhar e aprender com você. Ao Jurandir “Bisu”, que tanto colaborou, sempre com muita disposição em ajudar.

Ao grupo de pesquisa NEDTA, o qual tenho orgulho de fazer parte. Em especial as pessoas que contribuíram para realização dos experimentos, meus agradecimentos para Dieimisson P. Almeida (Obrigada chefe, risos), Cícero A. M. dos Santos, Paulo E. R. Simino, Fabiano Griesang, Nathália Garlich, Jeruska A. M. Brenha, Ricardo A. Decaro, Eduardo S. dos Santos, Nelson H. L. Roque, Mariane Sostena, Maria Fernanda T. Ramos, Leonardo F. Zechin e Gustavo M. Tessaro.

À Jaqueline F. Della Vechia, por ter me acolhido quando cheguei a Jaboticabal, tornando-se uma amiga que conheci dentro do grupo NEDTA, uma conselheira e incentivadora. Continue sendo essa pessoa dedicada e generosa que você é, agradeço por ter compartilhado tantos momentos, e que a nossa amizade continue ao longo de nossas vidas.

À s pessoas que aqui conheci e compartilhei tanto momentos da minha vida, em especial Luma Castro, Deise Nogueira, Milene Moara, Bruna Oliveira, Katheleen Lourenço, Camila Vieira e ao Daniel Pinheiro e José Reinaldo.

À todas as pessoas que conheci durante o mestrado que não foram citadas, mas que tanto me ensinaram.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Revisão de literatura.....	3
1.2.1 Pastagens e as plantas daninhas.....	3
1.2.2 Métodos de controle de plantas daninhas.....	6
1.2.3 Tecnologia de aplicação em pastagem.....	7
1.2.4 Interação dos adjuvantes com a superfície foliar de plantas daninhas..	9
1.3 Referências.....	13
CAPÍTULO 2 - ESPALHAMENTO DA GOTA DE CALDA HERBICIDA ASSOCIADA A ADJUVANTES EM FOLHAS DE <i>Sida</i> sp.....	18
Resumo.....	18
Abstract.....	19
2.1 Introdução.....	20
2.2 Materiais e Métodos	21
2.3 Resultados e Discussão.....	24
2.4 Conclusões	33
2.5 Referências	34
CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS.....	37
Resumo.....	37
Abstract.....	38
3.1 Introdução.....	39
3.2 Materiais e Métodos	40
3.3 Resultados e Discussão.....	44
3.4 Conclusão	52
3.5 Referências.....	52
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55

RELAÇÃO DO ESPALHAMENTO DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO - O espalhamento das gotas sobre superfícies vegetais pode indicar eficiência na aplicação de herbicidas. Porém, o espalhamento de uma gota depende das características da calda fitossanitária, especificamente das propriedades físico-químicas e as suas interações com as superfícies onde as gotas se depositam. As propriedades físicas, como tensão superficial e ângulo de contato podem ser alteradas pela adição de adjuvantes ao tanque do pulverizador. Assim, o desenvolvimento de pesquisas que avaliem a interação dos herbicidas associados a adjuvantes é importante para a recomendação correta do adjuvante, uma vez que o adjuvante pode proporcionar maior espalhamento da gota sobre a superfície de diferentes espécies de plantas, e potencializar o controle. Nesse sentido foram realizados dois estudos, sendo o primeiro para avaliar a tensão superficial e o ângulo de contato em três espécies do gênero *Sida*. No segundo foi avaliado o ângulo de contato de seis espécies de plantas daninhas e a relação do ângulo com o controle de *Lantana camara* e *Crotalaria incana*, de ocorrência em pastagem, ambiente vastamente cultivado no Brasil, mas no qual são raros os trabalhos desta natureza. Concluiu-se que a adição do adjuvante lecitina ao herbicida aminopiralde + fluroxipir reduz o ângulo de contato das gotas sobre as superfícies adaxial e abaxial de *Sida cordifolia* e *Sida glaziovii*. E quanto menor ângulo de contato maior controle das espécies avaliadas.

Palavras-chave: Adjuvante, aminopiralde+fluroxipir, ângulo de contato, planta daninha, tensão superficial

RELATION SPREADING OF SPRAY SOLUTION ON DIFFERENT LEAF SURFACES AND THE WITH THE CONTROL

ABSTRACT – The spreading of the drops on plant surfaces may indicate the possible success in herbicide application. However, the spread of a drop depends on the characteristics of the spray solution, specifically the physicochemical properties and their interactions with the surfaces where the drops settle. Physical properties such as surface tension and contact angle can be altered by the addition of adjuvants to the spray tank. Thus, the development of research that evaluates the interaction of herbicides associated with adjuvants is important for the correct recommendation of the adjuvant, since the adjuvant can provide greater spreading of the drop on the surface of different species of plants, and potentiate the control. In this sense two studies were carried out, being the first to evaluate the surface tension and the contact angle in three species of the *Sida* genus. In the second, was evaluated the contact angle of six weed species and the angle relationship with the control of *Lantana camara* and *Crotalaria incana*, a pasture, an area widely cultivated in Brazil, but in which works of this nature are rare. It was concluded that the addition of the lecithin adjuvant to the aminopyralid herbicide + fluroxypyr reduces the contact angle of the drops on the adaxial and abaxial surfaces of *Sida cordifolia* and *Sida glaziovii*. And the lower the contact angle the greater the control of the evaluated species

Keywords: Adjuvant, aminopyralide + fluroxypyr, contact angle, weed, surface tension

Capítulo 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

A pecuária brasileira possui grande quantidade de pastagens extensivas, tornando-se competitiva em relação a outros países quanto aos custos da produção. No entanto, a maior parte das pastagens do Brasil apresenta algum grau de degradação, diminuindo a qualidade e a capacidade da forrageira. Um dos principais fatores de degradação da pastagem é a ocorrência de plantas daninhas (SANTOS et al., 2006).

Devido ao manejo inadequado, as plantas daninhas podem se estabelecer em pastagens, competindo com as plantas forrageiras por área, água, nutrientes e por luz acarretando em menor oferta de alimento e com possibilidade de intoxicação de animais, resultando em perda de produção ou mesmo de morte no rebanho (CARVALHO; PITELLI, 1992).

Diante disso, muitos produtores têm adotado o controle químico de plantas daninhas em pastagens. Herbicidas seletivos têm sido usados pelos produtores, principalmente os de mecanismo de ação mimetizadores de auxina, como por exemplo: o 2,4-D, picloram e triclopyr. Novas moléculas ou combinações de ingredientes ativos são disponibilizadas visando o controle mais eficiente em áreas de pastagem, num sistema de rotação de produtos que permitam minimizar efeitos de uma possível seleção de indivíduos ou espécies resistentes. Recentemente, o herbicida aminopiraldide+fluroxypir surgiu como uma alternativa para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas seletivo para pastagens cultivadas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

No intuito de melhorar a aplicação do herbicida, muitos produtores tem usado o produto em associação com adjuvantes, visando melhorar a absorção da calda pelo alvo, e a eficiência no controle das plantas daninhas. Em geral, os adjuvantes são usados para reduzir o ângulo de contato da gota depositada na superfície foliar. Visto que, podem interferir nas propriedades químicas e físicas das caldas, modificando a interação do produto com a superfície. Todavia, é preciso considerar

as características morfológicas das folhas, pois esta interfere na dinâmica do espalhamento da gota (KISSMANN, 1998).

É importante ressaltar que nem sempre o uso de adjuvantes estabelecerá condição favorável à cobertura de calda sobre um determinado alvo, principalmente quando não se considera os efeitos sobre o espalhamento e as diferentes composições anatômicas e ceras epicuticulares das plantas daninhas (MACIEL et al., 2010).

Portanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que avaliem as propriedades físicas e químicas das caldas de herbicidas associados a adjuvantes, principalmente dos produtos recomendados para pastagens, visto que, existem poucos trabalhos sobre controle de plantas daninhas nessas áreas.

Desta forma, objetivou-se avaliar ângulo de contato da gota de calda herbicida associado á adjuvante na superfície foliar de diferentes espécies de plantas daninhas de pastagens e verificar a eficiência das caldas de herbicida associado a adjuvantes no controle de duas espécies de plantas daninhas.

1.3 Revisão de literatura

1.2.1 Pastagens e as plantas daninhas

O Brasil deteve o segundo maior efetivo bovino com 215,2 milhões de cabeças de gado, correspondendo a 22,5% do rebanho no mundo em 2015 e foi o maior exportador de carne bovina no ano de 2016 (IBGE, 2015; USDA, 2016). Um dos fatores que proporcionam o grande efetivo do rebanho brasileiro é a vasta disponibilidade de pastagens, a qual possibilita a produção de carne bovina e leite com baixo custo de produção. Desta forma, é uma das atividades mais utilizadas na ocupação de áreas de fronteira agrícola no Brasil, devido à atividade ter baixo custo, e poucos investimentos em tecnologia e mão de obra (SANTOS et al., 2006; DIAS-FILHO, 2011).

A formação de boas pastagens assume real importância na produção pecuária, tornando-se a melhor opção para a alimentação do rebanho nacional, pois, além de ser o alimento disponível com menor custo, oferece todos os nutrientes necessários para um bom desempenho dos animais (COSTA et al., 2008).

Entretanto, devido a manejos inadequados das pastagens tais como o uso intensivo, baixo nível de adubação, ou mesmo ausência de adubação de reposição e o uso do fogo, podem ocasionar a redução da produtividade das forrageiras, e assim baixa capacidade de suporte do pasto, levando a baixa longevidade produtiva. Devido a isto, mais terras são desmatadas, para a formação de novas áreas de pastagem (CARVALHO; PITELLI, 1992; ROCHA JUNIOR; SILVA; GUIMARÃES, 2013; DIAS-FILHO, 2011).

Em consequência de erros de manejo o primeiro sintoma de degradação é a ocorrência de plantas daninhas, causando sérios prejuízos aos pecuaristas, principalmente as espécies que são tóxicas aos animais. Além de competirem com as forrageiras por luz, água, nutrientes e espaço físico, podem causar ferimentos nos animais desvalorizando o couro e também afecções que podem resultar em mortalidade no rebanho (CARVALHO; PITELLI, 1992).

Contudo, é preciso distinguir quais espécies de plantas são consideradas daninhas. De acordo com Pitelli (1987), plantas daninhas são espécies que infestam áreas agrícolas, pecuárias ou outros setores do interesse humano, causando prejuízos, interferindo na produtividade da cultura de interesse, sendo hospedeiras alternativas de pragas, doenças e nematóides. De maneira geral, são plantas que apresentam características pioneiras, ocupando locais na qual a cobertura natural foi extinta e o solo tornou-se total ou parcialmente exposto.

Em estudos de fitossociologia são relatadas com maior frequência as plantas das famílias Malvaceae, Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, entre outras (INOUE et al, 2013). Para o manejo correto das plantas daninhas é necessário conhecer cada espécie que ocorre na área e após este levantamento é possível indicar a melhor estratégia de controle.

Algumas espécies-chaves são relatadas a seguir: *Ricinus communis* pertence à família Euphorbiaceae conhecida popularmente como mamona, é uma planta perene, arbustiva, ramificada, podendo alcançar até 4 metros de altura. *Senna obtusifolia* é conhecida popularmente como fedegoso, pertence à família Fabaceae-Caesalpinioideae, é uma planta perene, subarbustiva lenhosa e ramificada podendo chegar até 160 cm de altura. *Crotalaria incana*, que pertence à família Fabaceae, porém a outro grupo, as Faboideae, conhecida popularmente como guizo-de-cascavel, é uma planta anual, subarbustiva, ramificada com até 90 centímetros de altura (LORENZI, 2014).

Entre as espécies da família Malvaceae a *Sida cordifolia* conhecida como guanxuma, é uma planta perene, subarbustiva, ereta podendo chegar até 140 centímetros de altura. A *Sida glaziovii* conhecida como malva branca, é uma planta perene ereta ou subprostrada com até 70 centímetros de altura. E a *Sida rhombifolia* conhecida popularmente como guanxuma, é uma planta anual ereta com até 80 centímetros de altura (LORENZI, 2014).

Da família Apocynaceae destaca-se em áreas de pastagem a espécie *Asclepias curassavica*, conhecida popularmente como oficial-de-sala, é uma planta herbácea podendo chegar até um metro de altura. A *Ipomoea grandifolia* pertence à família das Convolvulaceae conhecida popularmente como corda de viola, é uma

trepadeira herbácea com folhas trilobadas, inflorescência cimeira corimbiforme (MATOS et al., 2011; NEPOMUCENO; ATHIÊ-SOUZA; BURIL, 2016)

A *Lantana camara* da família Verbenaceae, conhecida popularmente como cambará ou chumbinho. É um arbusto perene e muito ramificado (MATOS et al., 2011). Em geral as espécies citadas anteriormente se reproduzem por sementes, por isso são frequentemente vista como formadoras de banco de sementes no solo, com exceção para a espécie *Lantana camara* que se reproduz por semente ou estaca.

Diversos trabalhos abordam a ocorrência das espécies daninhas e os prejuízos causados pela infestação. Os principais danos das plantas daninhas é a intoxicação dos animais pelas espécies tóxicas, os ferimentos que as plantas podem ocasionar nos animais, visto que muitas espécies apresentam espinhos, acúleos que provocam ferimentos e dificulta o acesso a espécie forrageira. Devido a sua presença na área torna o ambiente favorável ao desenvolvimento de parasitas externos, como o carrapato e bernes, reduzindo a qualidade do leite pela coloração e odor. Aliás, a ocorrência das plantas pode favorecer a erosão do solo, visto que em áreas degradadas, a pouca presença da espécie forrageira na área, diminui a massa verde presente na qual o solo fica exposto para os intemperes (VICTORIA FILHO et al., 2014).

Em geral, plantas do gênero *Sida* têm maior frequência em pastagens e culturas anuais, competindo pela espécie de interesse (INOUE et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; BIANCO; CARVALHO; BIANCO, 2014). Diversos trabalhos relatam sobre a intoxicação dos animais em todo território nacional. Já sendo relatadas as espécies *Asclepias curassavica*, *Lantana camara* e *Senna obtusifolia*, entre outras, responsáveis pela morte de animais (CARVALHO et al., 2014; TOKARNIA; BRITO; CUNHA, 2001; QUEIROZ et al., 2012).

Apesar de existir espécies como a *Ricinus communis* que possuem interesse econômico, quando estas ocorrem em local não desejado competindo com a forrageira, por exemplo, é necessário o controle (SIZENANDO FILHO et al., 2013).

Assim sobre o manejo de plantas daninhas em pastagens é recomendado à identificação das causas da queda da produtividade do pasto e da conseqüente proliferação das plantas daninhas, além da escolha dos métodos de controle (DIAS-

FILHO, 2007). Pois, quando a proporção de espécies indesejáveis torna-se um obstáculo para a produção animal, alguma medida de controle deve ser aplicada (PELLEGRINI et al., 2007).

1.2.2 Métodos de controle de plantas daninhas

Diversos métodos podem ser adotados para o controle das plantas daninhas em pastagem, são eles: controle preventivo, mecânico, biológico, químico e físico.

O controle preventivo consiste em técnicas que previne o surgimento das plantas daninhas nas áreas, como a utilização de sementes de alta qualidade e pureza para a formação da pastagem, limpeza cuidadosa das ferramentas que serão usados na área, evitando a disseminação de sementes e propágulos das plantas infestantes (SILVA et al., 2007).

O controle cultural é a utilização de técnicas que auxilia a espécie forrageira na ocupação do solo, ou seja, o uso de sementes com alto vigor, uso de espécies forrageiras adaptadas para as condições de clima e solo, a adubação adequada para a espécie forrageira (VICTÓRIA FILHO et al., 2014) .

O controle mecânico é realizado por meio da utilização de foice, roçadeira, enxada, correntão, rolo-faca e trilho. O uso desses equipamentos está dependente da densidade e tipo de vegetação presente na pastagem (MACIEL, 2014). O fogo também é umas das técnicas de controle físico utilizado em pastagem. Devido ao baixo custo, os produtores têm adotado essa prática. Porém, o seu uso não é recomendado, considerando os aspectos ecológicos e agrônômicos. Visto que a queima trás implicações ambientais, como a poluição ambiental, diminuição do teor de matéria orgânica e a perda de nutrientes, além disso, às vezes o fogo não é controlado e acaba afetando outras áreas, causando grandes catástrofes ambientais. O controle biológico de plantas daninhas consiste no uso de inimigos naturais como insetos, fungos, ácaros, vírus, peixes, aves, entre outros (SILVA et al., 2007; MACIEL. 2014).

Um dos métodos de controle de plantas daninha mais utilizado é o controle químico, devido a sua alta eficiência e menor custo. O controle químico depende da seleção de herbicidas eficientes. Assim, é preciso escolher entre herbicidas

sistêmicos ou tópicos, para dessecação, pré ou pós-emergência (MACIEL et al., 2010; BUENO et al., 2013; CHRISTOFFOLETI; ARANDA, 2001).

Para as pastagens são usados herbicidas sistêmicos e seletivos. Os herbicidas podem ser aplicados na folhagem, no toco das plantas por meio de pincéis ou com pulverizador costal manual, nos troncos e no solo (VICTÓRIA FILHO et al., 2014).

Visando o manejo químico em pós-emergência de plantas daninhas, é importante compreender que as plantas ocorrem aleatoriamente e em diferentes densidades; esse comportamento pode influenciar na quantidade de gotas interceptadas pelas espécies presentes na área, ressaltando-se, ainda, que as diferenças morfológicas das espécies podem interferir na absorção, resultando em falhas no controle ou mesmo intoxicação das culturas (RODRIGUES-COSTA et al., 2010).

Aplicações viáveis, técnica e economicamente, são realizadas com herbicidas seletivos, que controlam as plantas daninhas das classes dicotiledôneas em pós-emergência. Entretanto, alguns aspectos técnicos relacionados à aplicação de herbicidas promovem e/ou mesmo garantem a eficiência do controle, nas mais diferentes condições encontradas (FERREIRA; MACHADO-NETO; MATUO, 1998; MACIEL et al., 2013).

Atualmente, são comercializados diversos tipos de herbicidas, diferenciando-se pela concentração do ingrediente ativo e pela presença e teor de surfatantes em sua composição (MACIEL et al., 2010).

Um dos produtos utilizados no Brasil para o controle químico de plantas daninhas em pastagem é o herbicida aminopiralde + fluroxipir. O herbicida pertence ao grupo químico das piridinas, sendo aminopiralde pertencente ao grupo químico ácido piridinocarboxílico e fluroxipir ao grupo químico do ácido piridiniloxialcanoico. O mecanismo de ação do herbicida é o mimetizador de auxina, ou seja, atua no meristema apical das plantas, desenvolvendo nódulos por afetar a divisão dos tecidos, apresentando sintomas como encarquilhamento e dobramento das bordas das folhas, com posterior clorose e necrose das folhas e caules (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; SANTOS et al., 2013).

1.2.3 Tecnologia de aplicação em Pastagem

Para o controle das plantas daninhas seja realizado de forma eficiente, é preciso considerar a forma de aplicação do herbicida, de modo que a aplicação condescenda os princípios da tecnologia de aplicação. Assim, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários está fundamentada no emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

Diversas tecnologias são usadas na aplicação, visando, o controle das plantas daninhas em pastagem, em geral, as aplicações de produtos são feitos em área total, seja com aviões agrícolas ou pulverizadores com barra. No entanto, quando existe a presença de arbustos, a aplicação dos produtos ocorre no caule ou na base da planta, esse tipo de aplicação ocorre para níveis de infestação baixos. A aplicação deve ser feita com pontas de pulverização que produzam gotas grandes, em geral é usado na solução óleo diesel para a aplicação no toco da planta (MENDES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2014).

Em aplicações áreas tem sido testados diversos volumes de aplicação, de 20 a 50 L, visando aumentar a capacidade operacional das aplicações em áreas de pastagem. Oliveira et al. (2014), observaram que não tem diferenças entre os volumes de 20 L⁻¹ e 50 L⁻¹, e que a deposição das gotas pulverizadas foram influenciadas pela altura do voo. E que a taxa de aplicação dependendo das condições pode ser diminuída, conforme Krenchinski et al. (2015).

Diante dos estudos na área de pastagem, ainda não existe trabalhos que avaliem as caldas usadas no controle das plantas daninhas. Portanto, para as aplicações de produtos fitossanitários é preciso considerar as propriedades físicas e químicas da calda, pois estas diversas vezes podem interferir na eficiência da aplicação, devido influenciar no tamanho das gotas geradas, no depósito e absorção da gota sobre o alvo. As principais propriedades que são avaliadas para os herbicidas são: pH, condutividade elétrica, viscosidade, tensão superficial e ângulo de contato, visto que irão influenciar a interação da calda com a superfície do alvo (CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017).

A tensão superficial é oriunda do equilíbrio entre as forças que agem sobre as moléculas da superfície de um líquido em relação as que estão no interior, pois, a

interação intermolecular destas moléculas na interface líquido-ar é menor que as do interior do líquido. A tensão superficial é variável de líquido a líquido e depende também dos solutos, no caso da água pura e livre, em estado líquido, quando em pequena quantidade, a tensão tende a formar gotas esféricas. Assim, quanto menor a tensão superficial maior a facilidade para um líquido se espalhar (BEHRING et al., 2004; KISSMANN, 1998).

Logo, quando uma gota de água está sobre uma superfície, o ângulo de contato depende das características dessa superfície. Se for hidro-repelente o contato será menor e a gota ficará mais esférica. Se a superfície for mais hidrófila a água da gota se espalha, podendo até formar um filme uniforme. Numa planta a molhabilidade de suas folhas depende dos constituintes de sua epiderme (KISSMANN, 1998).

1.2.4 Interação dos adjuvantes com a superfície foliar de plantas daninhas

O adjuvante é definido no decreto N° 4.074, de 4 de janeiro de 2002 como “produto usado em mistura com produtos formulados, ou seja, herbicida, fungicida e inseticida, visando melhorar a aplicação”.

Os adjuvantes têm diversas finalidades, podendo desempenhar a função de espalhante adesivo, anti-espumante, quelatizantes, anti- evaporantes, acidificantes, espessante e redutor de deriva. Pois, alteram as propriedades físico-químicas das caldas, tais como, tensão superficial, viscosidade, ângulo de contato, pH e condutividade elétrica (KISSMANN, 1998; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017). Desta maneira, a adição de adjuvantes nas caldas fitossanitárias pode alterar o desempenho das aplicações, resultando em efeito positivo ou negativo no que se refere à deposição do produto no alvo (CUNHA; ALVES; REIS, 2010).

Os adjuvantes podem causar intoxicação, redução ou eliminação da seletividade de alguns herbicidas, interferindo no efeito residual no solo, sendo esta característica essencial para herbicidas aplicados em pastagem. No entanto, os adjuvantes apresentam aspectos positivos, como a possibilidade de mitigar o risco de deriva, melhorar a penetração e absorção dos produtos, por meio da redução da tensão superficial e do ângulo de contato da gota sobre a superfície (CUNHA; ALVES; REIS, 2010).

Deste modo, pequena área de contato entre a gotícula da calda pulverizada e a superfície da cutícula limita o potencial para a difusão da calda na cutícula; logo, todos os aspectos das superfícies foliares (topografia das células, grau e tipo de desenvolvimento da cera epicuticular, tricomas e glândulas) influenciam a deposição do herbicida nas superfícies foliares (ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002).

Segundo Hess e Falk (1990), a topografia da superfície foliar e a presença de ceras e tricomas podem influenciar na distribuição de um determinado herbicida aplicado sobre a folha, e a utilização de adjuvantes pode reduzir a influência negativa apresentada por essas estruturas foliares. Em geral, a absorção foliar é influenciada pelas propriedades físico-químicas dos herbicidas, a quantidade, composição e estrutura física das ceras epicuticulares, a diversidade na morfologia da cutícula foliar, quantidade de tricomas e estômatos dispersos na superfície. (MONQUERO; HIRATA, 2014; ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002).

Assim, já é sabido que as superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

De acordo com Monquero, Cury e CHRISTOFFOLETI (2005), as plantas que apresentam folhas com superfície cuticular plana, sem a presença de grande quantidade de cristais de cera, as quais podem evitar que as gotas entrem diretamente em contato com a membrana cuticular, apresentam uma boa absorção da calda. Em cada planta, as ceras epicuticulares podem ser depositadas em uma variedade de formas físicas. Pois, algumas podem formar camadas finas, e em outras podem formar placas ou cristais de diferentes tamanhos e formas (MONQUERO et al., 2004).

A quantidade de estômatos presentes na superfície foliar é um dos fatores que interfere na penetração da calda fitossanitária, devido, a presença da cutícula sobre as células-guardas dos estômatos ser mais fina e mais permeável (menor teor de cera epicuticular), constituindo-se numa barreira menos rígida à penetração de herbicidas (HESS; FALK, 1990).

Vale ressaltar que cada planta tem suas características, para a compreensão do processo de espalhamento da calda. Para as espécies do gênero *Sida* essas

características anatômicas elucidam as diferenças na sensibilidade a herbicidas diante das diferentes plantas cultivadas, contribuindo para novas elaboração de estratégias de controle dessas plantas daninhas (CUNHA et al., 2013). A espécie *Sida glaziovii*, por exemplo, apresenta na face adaxial os estômatos dispostos no mesmo nível das demais células da epiderme e, na face abaxial, parte dos estômatos está no mesmo nível destas e outra parte em depressões. A maior presença de estômatos na face abaxial das folhas, apresentando alta densidade tricômática e baixa densidade estomática na face adaxial (PROCOPIO et al., 2003b).

A *S. rhombifolia* apresenta maior quantidade de ceras epicuticulares do tipo estriada aleatória, seguida pela *S. glaziovii*. A espécie *S. cordifolia* não apresenta ornamentação de cutícula, mostrando uma superfície plana e lisa. A espécie *S. glaziovii*, possui maior quantidade de tricomas na superfície adaxial (ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002). Demonstrando, que o comportamento da gota da calda pulverizada será em função da anatomia das duas faces.

A espécie *Crotalaria incana* apresenta maior quantidade de estômatos na face abaxial das folhas. Porém, a quantidade de estômatos vista na face adaxial é bastante considerável. A cutícula possui a mesma espessura nas duas faces da folha e alto teor de cera epicuticular, sendo essa característica a principal barreira a penetração de herbicida. Portanto, para esta espécie já é recomendado à adição de adjuvantes a base de óleos na calda de aplicação (PROCOPIO et al., 2003a).

A espécie *Ipomoea grandifolia*, apresenta cera epicuticular em forma de estrias paralelas quando localizadas ao redor da célula epidérmica e entrelaçadas como uma rede no centro da célula. Isto significa que não apenas a presença dos cristais de cera, mas também o formato em que eles se apresentam pode ter influência sobre o espalhamento da gota sobre a folha (IOST; RAETANO, 2010).

Além da quantidade de estômatos tricomas e espessura da cutícula, a composição química também interfere no espalhamento da gota depositada. Visto que é dependente da afinidade da calda com a superfície. A *Ipomea grandifolia*, por exemplo, apresenta ceras epicuticulares constituídas de hidrocarbonos, álcoois e ésteres (MONQUERO et al., 2004). Portanto, essa característica deve ser considerada para a compreensão da interação do herbicida com o adjuvante, visando o controle eficiente da espécie.

As diferentes características de anatomia, composição e formação da superfície epidérmica foliar das plantas, conferem uma tolerância diferente aos herbicidas (VIANA et al., 2010). Deste modo, o mecanismo de ação dos adjuvantes pode interferir com o aumento efetivo da área de contato da gota pulverizada com a superfície foliar, agindo na dissolução ou rompimento de ceras epicuticulares, na prevenção ou retardamento da formação de cristais na gota pulverizada, resultando na absorção pelo alvo (KIRKWOOD, 1993).

No entanto, apesar de todos os benefícios que a adição de adjuvantes proporciona a calda fitossanitária, interferindo no diâmetro das gotas, ou na redução do ângulo de contato, pode não ter efeito no controle das plantas daninhas, sendo importante que a escolha seja condicionada aos custos desses produtos e as condições meteorológicas durante as aplicações (FERREIRA et al., 2011). O aumento de pesquisas que tem como intuito o estudo das propriedades físicas e químicas das caldas de herbicidas associados a adjuvantes, e o comportamento da calda nas diferentes superfícies, principalmente dos produtos recomendados para pastagens, na qual existe uma escassez de trabalhos, incluindo o controle de plantas daninhas nessas áreas é muito importante, visto a relevância da pastagem para a pecuária.

1.3 Referências

ALBERT, L. H. B.; VICTORIA FILHO, RICARDO. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. **Ciência Agrotecnica**, v.26, n.5, p.888-899, 2002.

BEHRING J. L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELLOS, I. O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: Um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**. v. 27, n.3, p. 492-495, 2004.

BIANCO, S.; CARVALHO, L.B.; BIANCO, M.S. Crescimento e nutrição mineral de *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, v. 32, n. 2, p. 311-317, 2014.

BUENO, M. R.; ALVES, G. S.; PAULA, A. D. M.; CUNHA, J. P. A. R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 705-713, 2013.

CARVALHO, A. Q.; CARVALHO, N. M.; VIEIRA G. P.; SANTOS A. C.; FRANCO G. L.; POTT A.; BARROS C. S. L.; LEMOS R. A. A. Intoxicação espontânea por *Senna*

obtusifolia em bovinos no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n.2, p. 147-152, 2014.

CARVALHO, S. L.; PITELLI, R. A. Levantamento e análise fitossociológica das principais espécies de plantas daninhas de pastagens da região de Selvíria (MS). **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, 1992.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; ARANDA, A. N. Seletividade de herbicidas a cinco tipos de gramas. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.273-278, 2001.

COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, J. J.; FACTORI, M. A. Evolução das pastagens cultivadas e do efetivo bovino no Brasil. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 15, n. 1, p. 8-17, 2008.

COSTA, N. V.; MODOLON, T. A.; PISATTO, M.; BROETTO, L.; MEZZALIRA JUNIOR, E. Tensão superficial e área de espalhamento de gotas de soluções com herbicidas e adjuvantes em folhas de *Conyza canadensis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.13, n.2, p.161-170, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

CUNHA, V. C.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M.; SILVA, D. V.; GANDINI, E. M. Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma. **Planta Daninha**, v. 30, n.2, p. 341-349, 2013.

DECRETO Nº 4.074, de 4 de Janeiro de 2002. [S.l.], [s.n.], P. 1-51, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 14/08/2017.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.243-252, 2011.

FERREIRA, E. A.; FERNANDEZ, A. G.; SOUZA, C. P.; FELIPE, M. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; GUIMARÃES, F. A. R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n.4, p. 502-510, 2014.

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, n. 1, 1998.

FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, v. 29, p. 697-705, 2011.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, v. 38, n. 3, p. 280-288, 1990.

IBGE, Diretoria de Pesquisas. "Coordenação de Agropecuária." **Produção Pecuária Municipal** (2015): 1-55.

INOUE, M. H.; ISKIERSKI, D.; MENDES, K. F.; BEN R.; CONCIANI, P. A.; PEREIRA, R. L.; DALLACORT, R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens no município de Nova Olímpia-MT. **Revista Agrarian**, v.6, n.22, p.376-384, 2013.

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**, v.30, n.4, p.670-680, 2010.

KIRKWOOD R C. Use and mode of action of adjuvants for herbicide: A review of some current work. **Pesticide Science**, v 38, p.93-102, 1993.

KISMMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. IN: GUEDES, J.V.C. E DORNELLES, S. B. (Org). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: Novas tecnologias**. Santa Maria. Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998, p.39-51.

KRENCHINSKI, F. H., ALBRECHT, A. J. P., ALBRECHT, L. P., CESCO, V. J. S., RODRIGUES, D. M., FILHO, R. V. Application rates and herbicide in weed control in pasture. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 271-279, 2015.

Lorenzi, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: Plantio Direto e Convencional**. 7ª edição, Nova Odessa-SP, Instituto Plantarum, 2014.

MACIEL C. D. G. Métodos de controle de plantas daninhas. Monquero, P A **Manejo de plantas daninhas em culturas agrícolas**. São Carlos, SP: RiMa, p. 129-144, 2014.

MACIEL, C. D. DE G.; KONDO, P. N. Y.; BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F. M.; MENDES, M. A.; SAPIA, J. G.; MARTINS A. P. C. Eficiência e deposição da aplicação de paraquat com adjuvantes e ângulo de inclinação das pontas sobre capim-colchão, falsa-serralha e caruru. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.87-93, 2013.

MACIEL, C. D. G.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M.; POLETINE, J. P.; BASTOS, S. L. W.; DIAS, N. M. S. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.

MATOS, F. J. A.; LORENZI, H.; SANTOS, L. F. L.; MATOS, M. E. O.; SILVA, M. G. V.; SOUSA, M. P. **Plantas tóxicas: Estudo de Fitotoxicologia Química de Plantas Brasileiras**. 1 ed. Nova Odessa; Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

MATUO, T. **Técnicas de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. 1. ed. Jaboticabal SP, 1990.

MENDES, R. R., BIFFE, D. F., CONSTANTIN, J., DE OLIVEIRA JR, R. S., ROSA, Ê. L., CUBA, A. L. F., BALADELI, R. B. Controle de amarelinho (*Tecoma stans*) em pastagem com aplicações localizadas de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 303-312, 2016.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MATAS, J. A.; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.203-210, 2004.

MONQUERO, P. A.; CURY, J. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2005.

MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Comportamento de herbicidas nas plantas. In: MONQUERO, P. A (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. 1. Ed. São Carlos: Rima, 2014, cap. 7, p. 145-165.

NEPOMUCENO S. C.; ATHIÊ-SOUZA S. M.; BURIL M. T. Convolvulaceae da Microrregião do Alto Capibaribe, PE, Brasil. **Hoehnea**, v. 43, n.3, p. 371-386, 2016.

OLIVEIRA, M. A. P., ANTUNIASSI, U. R., VELINI, E. D., OLIVEIRA, R. B., SALVADOR, J. F., SILVA, A. C. A., BOIANI, R. S. Influence of spray mixture volume and flight height on herbicide deposition in aerial applications on pastures. **Planta Daninha**, v. 32, n. 1, p. 227-232, 2014.

PELLEGRINI, L. G.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. F.; NEUMANN, M. Diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis em pastagem Nativa. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.5, p.1247-1254, 2007.

PITELLI, R. A. **COMPETIÇÃO E CONTROLE DAS PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, p.1 – 24, 1987.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas

de grande ocorrência no Brasil. III - *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.1-9, 2003a.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. V - *Leonurus sibiricus*, *Leonotis nepetaefolia*, *Plantago tomentosa* e *Sida glaziovii*. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.403-411, 2003b.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

QUEIROZ, G. R.; RIBEIRO, R. C. L.; ROMAO, F. T. N. M. A.; FLAIBAN, K. K. M. C.; BRACARENSE, A. P. F. R. L.; LISBOA J. A. N. Intoxicação espontânea de bovinos por *Senna obtusifolia* no estado do Paraná. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n.12, p.1263-1271,2012.

ROCHA JUNIOR, P. R.; SILVA, V. M., GUIMARÃES, G. P. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17; p. 519-523.

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

RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; COSTA, N. V.; CARDOSO, L. A.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. Avaliação de pontas de jato plano na deposição da calda de pulverização com diferentes combinações de plantas de feijão, *Brachiaria plantaginea* e *Bidens pilosa*. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1159-1171, 2010.

SANTOS D. P.; BRAGA, R. R.; GUIMARÃES, F. A. R.; PASSOS, A. B. R. J.; SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; NERY, M. C. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas auxínicos. **Revista Ceres**, v. 60, n.3, p. 354-362, 2013.

SANTOS, M. V.; FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; TUFFI SANTOS, L. D.; FONSECA, D. M. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 391-398, 2006.

SILVA, A A; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Métodos de controle de plantas daninhas. SILVA A A; SILVA J F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: UFV editora, p. 63-80, 2007.

SIZENANDO FILHO, F. A.; ALMEIDA, E. I. B.; LUCENA, H. H.; SIZENANDO, C. I. T.; PITOMBEIRA, J. B. Diferentes doses e herbicidas em ralação ao desenvolvimento fenológico da mamoneira. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.1, p.25-30, 2013.

TANG X.; DONG J., LI X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**. V.32, n.5, p. 223–227, 2008.

TOKARNIA, C. H., BRITO, M. F.; CUNHA, B. R. M. Intoxicação experimental por *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae) em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 21, n.1, p.1-4, 2001.

USDA. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. **PSD online**, 2016.
<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads?tabName=default>>. Acesso em 21 de maio de 2017.

VIANA, R. G.; TUFFI SANTOS, L. D.; DEMUNER, A. J.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, E. A.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, M. V. Quantificação e composição química de cera epicuticular de folhas de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 753-758, 2010.

VICTORIA FILHO, R.; LADEIRA NETO, A.; PELISSARI, A.; REIS, F. C.; DALTRO, F. P. Manejo sustentável de plantas daninhas em pastagens. Monquero, P A **Manejo de plantas daninhas em culturas agrícolas**. São Carlos, SP: RiMa, p. 179-207, 2014.

CAPÍTULO 2 – TENSÃO SUPERFICIAL E ÂNGULO DE CONTATO DA GOTA DE CALDA HERBICIDA ASSOCIADA A ADJUVANTES EM FOLHAS DE *Sida* sp.

RESUMO: O espalhamento das gotas sobre superfícies vegetais pode indicar melhor eficiência numa aplicação de herbicidas. Este trabalho objetivou avaliar a tensão superficial e o ângulo de contato das gotas do herbicida aminopiralde + fluroxipir associado a adjuvantes na superfície foliar de três espécies do gênero *Sida*. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso, disposto em arranjo fatorial 4x2 +1, com quatro repetições. Foram utilizadas oito caldas contendo duas dosagens do herbicida (1 L ha⁻¹ e 2 L ha⁻¹ p.c.), associado ou não aos adjuvantes óleo vegetal, óleo mineral e lecitina; e água como testemunha. Foram feitas medições da tensão superficial e ângulo de contato das caldas no tensiômetro. A tensão superficial foi quantificada aos 5, 15 e 25 segundos após a formação da gota. O ângulo de contato foi medido nos tempos de 5, 15 e 25 segundos, após depósito das gotas sobre as superfícies adaxial e abaxial de folhas de *Sida rhombifolia*, *S. glaziovii* e *S. cordifolia*. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey (p>0,05). Não houve interação entre os fatores para tensão superficial. Os ângulos de contato de *S. cordifolia* e *S. glaziovii*, foram menores após a adição da lecitina na face adaxial. A adição dos adjuvantes na calda proporcionou menores ângulos de contato na dosagem de 1 L ha⁻¹, exceto para a *S. rhombifolia*, cujo o ângulo de contato foi menor com a calda sem adjuvante.

PALAVRAS-CHAVE: ângulo de contato, *Sida rhombifolia*, *Sida glaziovii*, *Sida cordifolia*, tensão superficial

SURFACE TENSION AND CONTACT ANGLE SPRAYING LIQUIDS AND DROPLETS HERBICIDE ASSOCIATED TO ADJUVANTES IN LEAVES OF *Sida* sp.

ABSTRACT: Spreading the drops on plant surfaces can indicate the possible success in herbicide application. The aim of this study was to evaluate the surface tension and the contact angle of the aminopyralid + fluroxypir herbicide drops associated with adjuvants on the leaf surface of three species of the genus *Sida*. The experiment was carried out in a completely randomized design, arranged in a 4x2 +1 factorial arrangement, with four replications. Four treatments containing two dosages of the herbicide (1 L ha^{-1} and 2 L ha^{-1} p.c.) were evaluated, associated or not with the adjuvants vegetable oil, mineral oil and lectin; and water as a control. Evaluations of surface tension and contact angle of the syringes were made at the tensiometer. The surface tension was evaluated at 5, 15 and 25 seconds after the formation of the drop. The contact angle was measured at 5, 15 and 25 seconds after deposition of the drops on the adaxial and abaxial surfaces of *Sida rhombifolia*, *S. glaziovii* and *S. cordifolia*. The results were submitted to analysis of variance by the F test and the means of the treatments compared by the Tukey test ($p > 0.05$). There was no interaction between the factors for surface tension. The contact angles of *S. cordifolia* and *S. glaziovii* were lower after addition of the lectin on the adaxial side. The addition of the adjuvants in the spray solution provided lower contact angles at the dosage of 1 L ha^{-1} , except for *S. rhombifolia*, whose contact angle was lower with the spray solution without adjuvant.

KEYWORDS: contact angle, *Sida rhombifolia*, *Sida glaziovii*, *Sida cordifolia*, surface tension

2.1 Introdução

As espécies de *S. rhombifolia*, *S. glaziovii* e *S. cordifolia* pertencem à família Malvaceae, conhecidas popularmente como guanxumas e malvas, infestam diversos cultivos agropecuários, tais como cana de açúcar, café, soja e pastagens, causando prejuízos consideráveis a produção. Devido ao manejo inadequado das áreas destinadas a pecuária no Brasil, essas espécies de plantas daninhas, reduzem a produtividade das forrageiras, e conseqüentemente a disponibilidade de alimento para os animais (LORENZI, 2014; INOUE et al., 2013; NORONHA et al., 2010).

No Brasil, o controle destas espécies tem sido basicamente realizado por meio da aplicação de herbicidas (FERREIRA et al., 2014). O herbicida aminopiralde + fluroxipir tem sido utilizado no Brasil para o controle dessas plantas daninhas nas áreas de pastagem, pertence ao mecanismo de ação mimetizador de auxina interferindo no meristema apical das plantas, afetando a divisão dos tecidos, na qual as plantas apresentam sintomas como encarquilhamento e dobramento das bordas das folhas, com posterior clorose e necrose das folhas e caules (SANTOS et al., 2013).

O espalhamento de uma gota é dependente da dinâmica da tensão superficial, das propriedades do ângulo de contato, da natureza da formulação da calda e do volume de aplicação (TAYLOR, 2011; BARBOSA; NAIS; FERREIRA, 2013).

Para melhorar a absorção da calda pulverizada, têm sido adicionadas ao tanque do pulverizador, substâncias que modificam as propriedades químicas e físicas das caldas, os adjuvantes. Os adjuvantes podem ter a função de mitigar o risco de deriva, melhorar a penetração e absorção dos produtos, por meio da redução da tensão superficial e do ângulo de contato da gota sobre a superfície (CUNHA et al., 2010).

O espalhamento da gota dependerá da tensão superficial e do ângulo de contato. A tensão superficial é resultado do desequilíbrio das forças das moléculas, sendo variável de líquido a líquido e dependente dos solutos, no caso da água a tensão tende a formar gotas esféricas, em geral, quanto menor a tensão superficial maior a facilidade para um líquido se espalhar. O ângulo de contato depende das características da superfície na qual a gota foi depositada. Se for hidro-repelente o

contato será menor e a gota ficará mais esférica. Se a superfície for mais hidrófila a água da gota se espalha, podendo até formar um filme uniforme. Na planta a molhabilidade de suas folhas depende da anatomia foliar (KISSMANN, 1998).

Todavia, é importante ressaltar que nem sempre o uso de adjuvantes estabelecerá condição favorável ao depósito de calda sobre um determinado alvo, principalmente quando não são considerados os efeitos sobre o tamanho de gotas e nas diferentes composições anatômicas e ceras epicuticulares das plantas daninhas (MACIEL et al., 2010).

As espécies *S. rhombifolia*, *S. glaziovii* e *S. cordifolia*, apesar de serem do mesmo gênero apresentam características diferentes na superfície foliar, havendo diferenças entre as faces adaxial e abaxial na mesma espécie, logo, o espalhamento da gota das caldas pode ser diferentes. De acordo com Albert e Victória Filho (2002), a superfície foliar exerce uma influencia na absorção, existindo uma relação inversa entre absorção e quantidade de ceras cuticular, essa característica interfere na suscetibilidade das espécies ao controle.

No Brasil ainda são escassas as pesquisas referentes às características físico-químicas entre adjuvantes e as misturas com herbicidas, essas pesquisas podem trazer informações complementares para auxiliar no posicionamento de resultados de eficácia e seletividade (MACIEL et al., 2010, MELO et al., 2015), principalmente em pastagens. O objetivo deste estudo foi avaliar a tensão superficial e o ângulo de contato de gotas da calda herbicida aminopiralde + fluroxipir associado à adjuvantes na superfície foliar de três espécies de plantas daninhas do gênero *Sida*.

2.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no ano de 2016. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições dispostas em arranjo fatorial 4 x 2 +1. Os fatores de interação foram quatro caldas contendo o herbicida sem adição de adjuvantes e herbicida associado a adjuvantes (óleo vegetal, óleo mineral e lecitina), duas dosagens e a água como testemunha (Tabela 1).

As dosagens do herbicida foram 1 L ha⁻¹ e 2 L ha⁻¹ p.c. Foi determinado essas dosagens para o controle dessas espécies de plantas daninhas, de acordo, com a bula do herbicida, visando avaliar o mínimo e o máximo usado. Foi utilizada como base uma concentração equivalente ao volume de aplicação de 150 L ha⁻¹, usual em pastagens brasileiras.

Tabela 1 – Descrição dos produtos utilizados no experimento.

Produto	Nome comercial	Ingrediente ativo	Empresa	Tipo de produto
Aminopiralde + fluroxipir	Dominum [®]	15,15%	Dow AgroSciences	Herbicida
Ésteres de ácidos graxos com glicerol	Veget'oil [®]	930 g	Oxiquímica Agrociência	Adjuvante*
Hidrocarbonetos alifáticos	Argenfrut [®]	845,575 g	Agrovant Comércio de Produtos Agrícolas	Adjuvante*
Mistura de fosfatidocolina e ácido propiônico	LI-700 [®]	712,88 g	DE SANGOSSE Agroquímica	Adjuvante*

*Os adjuvantes foram adicionados nas caldas na proporção de 0,3% v v⁻¹.

Para a determinação da tensão superficial e ângulo de contato. Foi utilizado o tensiômetro Contact Angle System OCA 15-Plus (Dataphysics[®]), munido de câmera digital de alta resolução temporal e definição com o software SCA20[®] para automatização e processamento das imagens obtidas. Para a determinação das variáveis, as gotas foram formadas em uma seringa de precisão de 500 µL da marca Hamilton[®], e a taxa de liberação das gotas foi de 3 µL s⁻¹, em todos os tratamentos.

A tensão superficial foi determinada pelo método da gota pendente, a imagem da gota formada na ponta de uma seringa é capturada por uma câmera CCD de alta resolução temporal (30 quadros por segundo), e enviada para processamento, analisando o formato da gota por assimetria dos eixos. O cálculo da tensão superficial é realizado com base na equação de Yang-Laplace, em função da deformação das gotas emitidas em cada amostragem (FERREIRA et al., 2013).

A tensão estática foi mensurada durante 60 segundos após a formação da gota e foram considerados para comparação os momentos de 5, 15 e 25 segundos, o tempo foi determinado pela análise da curva de redução do ângulo de contato da gota (Figura 1).

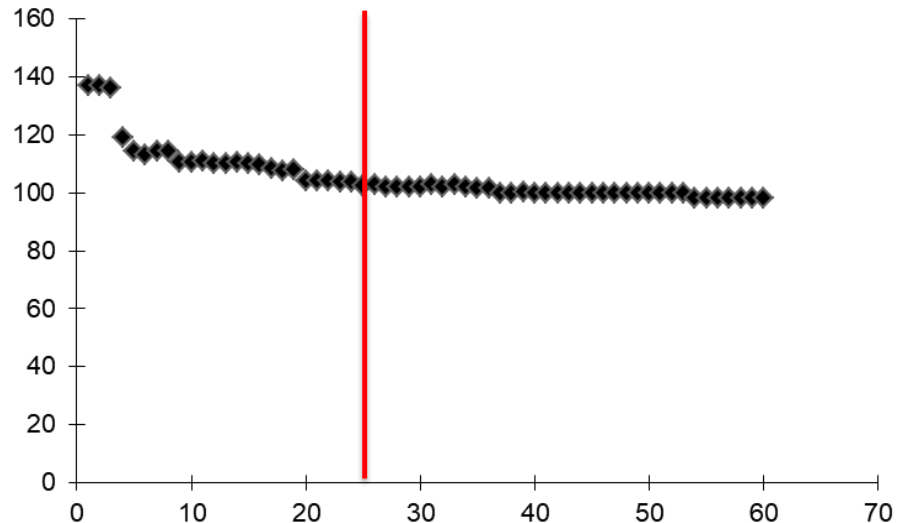


Figura 1- Curva de velocidade de espalhamento da gota de água na superfície adaxial de *Sida cordifolia*.

Para o ângulo de contato das gotas foram feitas avaliações nas três espécies: *S. rhombifolia*, *S. glaziovii* e *S. cordifolia*, na superfície adaxial e abaxial (Tabela 2). O ângulo de contato tem sido utilizado para caracterizar as gotas das caldas aquosas depositadas na superfície sólida, sendo considerados os fatores de interação do espalhamento do líquido sobre a superfície e da área coberta resultante de uma pulverização, quando o ângulo de contato é menor que 90° , a superfície é denominada hidrofílica, caso contrário é chamado de hidrofóbica. Quando está acima de 160° , a superfície é considerada super-hidrofóbica (TANG; DONG; LI., 2008).

Para a coleta das folhas, as três espécies foram cultivadas durante 45 dias, as plantas estavam no estágio fenológico V2 entre 11 folhas e antes do florescimento (CUNHA et al., 2013), em casa de vegetação. Os vasos foram preenchidos com substrato, composto por areia, esterco bovino e terra, na proporção de 3:1:3. As folhas coletadas foram seccionadas em retângulos longitudinais de aproximadamente 5 cm x 1 cm. Estas seções foram dispostas horizontalmente em esticadores próprios, visando reduzir ondulações que comprometessem a estrutura foliar e a captura de imagens para as leituras de ângulo de contato. As imagens foram avaliadas a cada segundo durante 60 segundos após a deposição de cada gota sobre a superfície foliar, considerou-se três tempos para avaliação, 5, 15 e 25 segundos, após a gota ser depositada sobre

a superfície (Figura 2). As médias de temperatura e umidade relativa durante as leituras foram de 24, 3 °C e 56%, respectivamente.

Tabela 2- Caracterização da superfície foliar das três espécies de plantas daninhas.

Espécies	Superfície	Estômatos	Tricomas	Ceras
<i>Sida cordifolia</i> ²	Adaxial	Estômatos do tipo anomocítico.	Pouco número de tricomas simples.	Ceras epicuticulares plana e lisa.
	Abaxial	Estômatos do tipo anomocítico.	Grande quantidade de tricomas estelares.	Ceras epicuticulares plana e lisa.
<i>Sida glaziovii</i> ^{2,3}	Adaxial	Estômatos do tipo anomocítico, baixa densidade estomática.	Grande quantidade de tricomas estelares e glandulares.	Ceras epicuticulares estriadas pouco evidente.
	Abaxial	Estômatos anomocítico, disposto no mesmo nível ou em depressões.	Grande quantidade de tricomas estelares e glandulares.	Ceras epicuticulares estriadas pouco evidente.
<i>Sida rhombifolia</i> ^{1,2}	Adaxial	Estômatos dispersos de forma aleatória.	Pouco número de tricomas estelares e simples.	Ceras epicuticulares estriadas com orientação aleatória.
	Abaxial	Estômatos dispersos de forma aleatória.	Grande número de tricomas glandulares e estelares.	Ceras epicuticulares estriadas com orientação aleatória.

Fonte: ¹Cunha et al., (2013); ²Albert; Victória Filho (2002); ³Procópio et al., (2003).

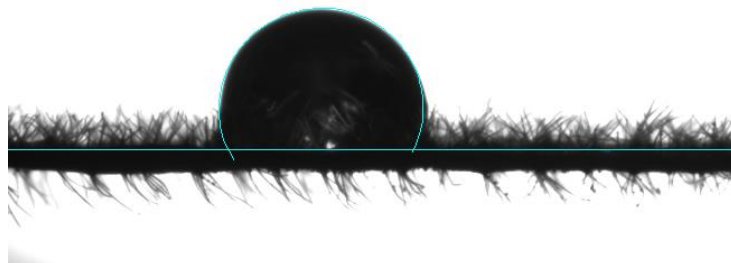


Figura 2- Ângulo de contato da superfície abaxial de *Sida cordifolia* após a deposição da gota de água.

Os resultados obtidos de tensão superficial e ângulo de contato foram submetidos à análise da variância, pelo teste F, e havendo significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2013).

2.3 Resultados e discussão

De maneira geral, o espalhamento das gotas sobre a superfície foliar foi resultante da tensão superficial do líquido depositado e da interação entre o líquido e a superfície, que por sua vez, foi resultante das características morfológicas e da composição da superfície foliar, bem como das características do próprio líquido.

Tensão superficial

Não foi verificada diferença entre as dosagens utilizadas para a tensão superficial e para a interação entre os fatores adjuvante e dosagem nos três momentos avaliados (Tabela 3). Entretanto, houve diferença entre os três adjuvantes aos 15 e 25 segundos. O adjuvante lecitina aos 15 e 25 segundos apresentou menor valor de tensão superficial comparado aos demais.

A testemunha (água) apresentou maior valor de tensão superficial em relação aos tratamentos adotados ($p > 0,01$). Em geral, a adição de produtos fitossanitários na água tem a capacidade de reduzir a tensão superficial e aumentar a afinidade do líquido com a superfície (MELO et al., 2015; CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017).

Os valores de tensão superficial das caldas foram menores do que o da água, podendo implicar em maior espalhamento das gotas quando depositadas sobre as superfícies foliares. A tensão superficial é oriunda do desequilíbrio entre as forças que agem sobre as moléculas da superfície de um líquido em relação as que estão no interior, pois, a interação intermolecular destas moléculas na interface líquido-ar é menor que as do interior do líquido. Assim, quanto menor a tensão superficial maior a facilidade para um líquido se espalhar (BEHRING et al., 2004).

De maneira geral, para a tensão superficial não foi observada interação entre os fatores adjuvante e dosagem. O ângulo de contato das três espécies resultou em diferenças significativas, expressando que a adição de adjuvante ao herbicida proporciona maior espalhamento, que implica em maior cobertura da superfície.

Tabela 3- Valores médios da tensão superficial (mNm^{-1}) aos 5, 15 e 25 segundos após a formação da gota.

	5s	15 s	25 s
Caldas			
Sem adjuvantes	32,87a	32,63a	32,46a
Óleo Vegetal	32,57a	32,45a	32,36a
Óleo mineral	32,78a	32,61a	32,42a
Lecitina	32,13a	31,55b	31,34b
DMS (5%)	0,77	0,77	0,744
Dosagem			
1 L ha ⁻¹ p.c. do herbicida	32,59a	32,24a	32,09a
2 L ha ⁻¹ p.c. do herbicida	32,58a	32,38a	32,20a
Testemunha			
Água	72,24	72,14	71,84
DMS (5%)	0,4	0,41	0,39
F Caldas	2,71NS	6,53**	7,80**
F Dosagem	0,00NS	0,46NS	0,30NS
F Caldas vs Dosagem	2,56NS	2,72NS	2,45NS
F Fatorial vs Testemunha	17544,28**	17617,16**	18912,38**
CV(%)	1,52	1,54	1,48

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

^{ns} não significativo; * significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. Valores de teste F e CV (Coeficiente de variação).

Ângulo de contato

Em geral, houve interação significativa entre as caldas e as dosagens utilizadas para o ângulo de contato nas superfícies. A testemunha (água) apresentou diferenças significativas ($p > 0,0001$) para as três espécies estudadas, e nas duas faces, com as maiores médias de ângulo de contato. Portanto, o uso de produtos fitossanitários proporcionou maior espalhamento sobre a superfície.

Sida cordifolia

Para *S. cordifolia*, houve interação entre as dosagens e os ângulos de contato. A testemunha apresentou as maiores médias na superfície adaxial aos 5, 15 e 25 segundos ($107,32^\circ$, $105,1^\circ$ e $98,97^\circ$, respectivamente), diferindo dos demais tratamentos.

Na superfície adaxial da folha e na dosagem 1 L ha⁻¹, foi observado que 5 segundos após o depósito da gota ($p > 0,03$), que apenas o tratamento sem adjuvante

diferiu dos demais, apresentando maior ângulo de contato (Tabela 4). Aos 15 e 25 segundos, ocorreu a redução do ângulo de contato das caldas que continham o óleo mineral e lecitina, contribuindo para o maior espalhamento das gotas. Na dosagem de 2 L ha⁻¹, não houve diferença entre as caldas em todos os tempos avaliados.

Assim, os menores ângulos de contato ocorreram possivelmente devido à interação das caldas com a superfície, uma vez que a tensão superficial não resultou em diferenças significativas entre as caldas (HESS; FALK, 1990).

Tabela 4. Valores médios de ângulo de contato (θ) aos 5, 15 e 25 segundos após a formação da gota, para a superfície adaxial e abaxial da *Sida cordifolia*, referente ao desdobramento dos graus de liberdade da interação entre as caldas e as dosagens.

Adaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.
Sem adjuvante	68,67Aa	59,22Ab	54,42Aa	50,05Aa	43,05Aa	45,87Aa
Óleo vegetal	49,11Ba	56,29Aa	45,26ABa	45,51Aa	36,04ABa	41,17Aa
Óleo mineral	48,80Ba	56,20Aa	41,30BCa	47,78Aa	32,62Ba	38,42Aa
Lecitina	43,44Ba	49,47Aa	31,65Cb	40,93Aa	26,31Ba	37,36Aa
DMS Coluna	12,2		10,99		9,79	
DMS Linha	9,15		8,24		7,34	
CV (%)	10,54		11,05		11,39	
Abaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.
Sem adjuvante	64,95Aa	64,33Aa	46,03Aa	55,47Aa	38,74Ab	51,87Aa
Óleo vegetal	64,76Aa	59,62Aba	48,82Aa	46,66ABa	40,91Aa	39,97Ba
Óleo mineral	55,14Aa	46,16Ba	41,83Aa	36,13Ba	37,37Aa	33,69Ba
Lecitina	60,00Aa	50,93Aba	48,55Aa	37,32Bb	39,54Aa	33,38Ba
DMS Coluna	15,54		13,01		10,49	
DMS Linha	11,65		9,75		7,86	
CV (%)	12,54		13,01		11,63	

Médias, seguidas de letras minúsculas iguais para cada tempo na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para cada superfície, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficiente de variação.

Na análise entre as dosagens nos diferentes tempos, ocorreu diferença significativa no tempo de 5 segundos na dosagem de 2 L ha⁻¹ (Tabela 4). Nos adjuvantes, óleo vegetal e óleo mineral, não foram observadas diferenças entre as dosagens nos tempos avaliados. Enquanto que para lecitina houve diferença apenas

aos 15 segundos, sendo o menor ângulo de contato observado na dosagem de 1 L ha⁻¹.

Dentre as caldas utilizadas, era esperado que óleo vegetal promovesse maior espalhamento, dado a afinidade com a superfície (KIRKWOOD,1993). Entretanto, os menores ângulos de contato nesta espécie e superfície ocorreram para a calda com adjuvante lecitina.

A *S. cordifolia* pode ser classificada como hidrofílica, assim como a superfície de vidro. De acordo com Iost e Raetano (2010), o comportamento da calda composta por lecitina é diferente em superfície foliar, pois com o vidro, a calda com lecitina não se diferencia da água, evidenciando a interação da lecitina com a superfície foliar.

Para a face abaxial a testemunha apresentou as maiores médias aos 5, 15 e 25 segundos (110,8°, 104,32° e 103,90°, respectivamente), diferindo dos tratamentos. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos em nenhum dos tempos avaliados na dosagem de 1 L ha⁻¹ do herbicida (Tabela 4). Na dosagem de 2 L ha⁻¹, aos 5 segundos, ocorreu a diminuição significativa do ângulo de contato na calda sem adjuvante e na mistura do herbicida com o óleo mineral. Em 15 segundos, ocorreu a diminuição significativa do ângulo de contato nas caldas com óleo mineral e lecitina. Aos 25 segundos as caldas com adição de adjuvantes proporcionou a diminuição significativa do ângulo de contato.

Na avaliação das dosagens entre os tempos, na calda sem adjuvante, ocorreu diferença aos 25 segundos, em que o ângulo de contato na dosagem 1 L ha⁻¹ foi menor que a de 2 L ha⁻¹. Nos óleos vegetal e mineral, não foram observadas diferenças significativas entre as dosagens nos tempos avaliados. Na lecitina, houve diferença em 15 segundos, sendo a dosagem de 2 L ha⁻¹ com menor ângulo de contato (Tabela 4).

Dessa forma, houve maior expressão dos efeitos na dosagem de 1 L ha⁻¹ das caldas, possivelmente pela menor concentração do herbicida. Devido a dosagem de 2 L ha⁻¹ ter a maior concentração do herbicida, os adjuvantes que compõem a formulação do herbicida podem ter interagido com a superfície foliar, diminuindo o efeito dos adjuvantes adicionados à calda, haja visto que 84,89% do produto correspondem aos inertes.

Para a superfície abaxial foi verificado padrão semelhante ao da face adaxial no espalhamento das gotas para as caldas com adjuvantes. Porém, não foi verificado o mesmo padrão para as concentrações do herbicida, possivelmente se deve as diferenças na morfologia entre as faces e a composição tanto dos produtos quanto das próprias superfícies. Visto que, o ângulo de contato é dependente das características dessa superfície (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008).

Assim, é necessário considerar as características da espécie *S. cordifolia*, a qual apresenta cutícula lisa, plana e cera do tipo amorfa, visto que a anatomia foliar interfere no espalhamento das gotículas sobre a folha, com efeito sobre a suscetibilidade ao controle da espécie (ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002). Desta forma, a redução do ângulo de contato sobre a superfície foliar pode ser importante na decisão sobre qual o melhor adjuvante a ser utilizado durante a pulverização (DECARO JÚNIOR; FERREIRA; LASMAR, 2015), considerando o objetivo final da aplicação do produto que pode depender do espalhamento e da absorção dos ingredientes depositados nas superfícies.

Sida glaziovii

Para *S. glaziovii*, houve interação entre as dosagens e os ângulos de contato. A testemunha apresentou as maiores médias na superfície adaxial aos 5, 15 e 25 segundos (101,41°, 96,23° e 93,98°, respectivamente), diferindo dos tratamentos.

Na face adaxial, na dosagem de 1 L ha⁻¹, verificou-se aos 5 e 15 segundos, que a calda com lecitina apresentou o menor ângulo de contato, diferindo apenas do óleo mineral (Tabela 5). Aos 25 segundos, a lecitina apresentou o menor ângulo de contato diferindo dos demais tratamentos. Em 2 L ha⁻¹, não houve diferença em nenhum dos tratamentos nos tempos avaliados, semelhante ao resultado obtido para a espécie *S. cordifolia*.

Avaliando os valores dos ângulos de contato entre as dosagens nos diferentes tempos para cada tratamento, os tratamentos sem adjuvante e óleo vegetal, foram observados diferença aos 15 e 25 segundos, sendo a dosagem de 2 L ha⁻¹, com menores ângulos. No óleo mineral e na lecitina não foram constadas diferenças entre as dosagens (Tabela 5).

Na face abaxial da *S. glaziovii*, a testemunha apresentou as maiores médias de ângulo de contato aos 5, 15 e 25 segundos (86,30°, 83,21° e 81,85°, respectivamente), diferindo dos tratamentos. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos nas duas dosagens aos 5, 15 e 25 segundos ($p > 0,2490$, $p > 0,1945$ e $p > 0,0366$, respectivamente) (Tabela 5). Quando comparados os ângulos de contato entre tempo para cada calda, as caldas sem adjuvante e com adição de lecitina, não apresentam diferenças, enquanto que na calda com óleo vegetal foi verificada diferença entre as duas dosagens, onde a dose de 2 L ha⁻¹ proporcionou menor ângulo de contato. Na calda com óleo mineral houve diferença apenas aos 5 segundos, sendo a dosagem de 2 L ha⁻¹ com menor ângulo de contato.

Tabela 5. Valores médios de ângulo de contato (θ) aos 5, 15 e 30 segundos após a formação da gota, para a superfície adaxial e abaxial da *Sida glaziovii*, referente ao desdobramento dos graus de liberdade da interação ente as caldas e as dosagens.

Adaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.
Sem adjuvante	67,82ABa	66,80Aa	64,84ABa	57,63Ab	63,05Aa	55,70Ab
Óleo vegetal	68,47ABa	65,63Aa	65,13ABa	56,86Ab	63,56Aa	52,07Ab
Óleo mineral	70,92Aa	71,03Aa	68,09Aa	63,46Aa	66,23Aa	61,01Aa
Lecitina	61,41Ba	64,25Aa	58,61Ba	59,72Aa	53,27Ba	57,71Aa
DMS Coluna	7,13		7,88		9,14	
DMS Linha	5,35		5,91		6,85	
CV (%)	5,2		6,21		7,5	
Abaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.
Sem adjuvante	65,06Aa	65,01Aa	57,34Aa	56,40Aa	54,55Aa	45,88Aa
Óleo vegetal	70,75Aa	62,47Ab	63,40Aa	51,38Ab	57,92Aa	44,41Ab
Óleo mineral	67,71Aa	58,86Ab	58,43Aa	52,67Aa	54,53Aa	50,55Aa
Lecitina	65,27Aa	63,01Aa	57,74Aa	55,77Aa	49,12Aa	47,26Aa
DMS Coluna	9,93		10,58		13,07	
DMS Linha	7,44		7,93		9,8	
CV (%)	7,64		9,17		12,51	

Médias, seguidas de letras minúsculas iguais para cada tempo na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para cada superfície, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa.

As características anatômicas da folha de *S. glaziovii*, como cutículas, tricomas e ceras, influenciam na dinâmica do espalhamento e podem interferir no controle. A espécie *S. glaziovii* tem maior quantidades de ceras superficiais e tricomas na superfície adaxial, e baixa densidade estomática sendo uma das principais barreiras à penetração de herbicidas (ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002; PROCÓPIO et al., 2003). Apesar de apresentar características morfológicas parecidas com a espécie *S. rhombifolia*, o comportamento das gotas foi distinto. Portanto, é possível que a diferença seja devido à composição química da cera.

A afinidade da superfície com as caldas, não possibilitou a expressão dos adjuvantes, e, além disso, pode ter ocorrido formação de micelas, ocorrendo a partir de uma concentração mínima (IOST; RAETANO, 2010). Isso explica a não ocorrência de diferença entre os adjuvantes nas duas dosagens, na face abaxial.

Sida rhombifolia

Para *S. rhombifolia* houve interação entre as dosagens e os ângulos de contato. A testemunha apresentou as maiores médias na superfície adaxial aos 5, 15 e 25 segundos (71,46°, 68,47° e 66,46°, respectivamente), diferindo dos tratamentos. Na superfície adaxial e na dosagem de 1 L ha⁻¹ do herbicida, foi observado que aos 5 segundos, ocorreu a redução significativa dos ângulos de contato nas caldas sem adjuvante (Tabela 6). Aos 15 segundos, o óleo mineral e a calda sem adjuvante apresentaram menores ângulos de contato. Em 25 segundos, a calda sem adjuvante resultou em menor ângulo de contato.

Na dosagem de 2 L ha⁻¹ do herbicida, observou que aos 5, 15 e 25 segundos, a calda contendo, o óleo mineral e lecitina apresentaram menores ângulos de contato (Tabela 6).

Quando se comparou a dosagem dentro dos tempos, o tratamento sem adjuvante apresentou diferença apenas aos 15 e 25 segundos, em que a dosagem de 1 L ha⁻¹ do herbicida resultou em menor ângulo de contato. Para o óleo vegetal, ocorreu diferença apenas aos 25 segundos, onde a dosagem de 2 L ha⁻¹ do herbicida apresentou menor ângulo. No óleo mineral e na lecitina, todos os ângulos de contato diferiram nos tempos avaliados, no qual a dosagem de 2 L ha⁻¹ do herbicida apresentou menores valores (Tabela 6).

Portanto, foi observado um comportamento diferente dos ângulos de contato quando comparado com as duas espécies anteriores. Provavelmente, isso se deve as características de composição da superfície foliar na fase vegetativa, que apresenta menor quantidade de estômatos na face adaxial e maior conteúdo de cera epicuticular estriada e aleatória (CUNHA et al., 2013; ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002). Vale ressaltar que as folhas estavam na fase vegetativa quando foram coletadas para a análise. É possível que a quantidade de estômatos tenha interferido no espalhamento da gota sobre a superfície resultando nas diferenças apresentadas entre as espécies na face adaxial (HESS; FALK, 1990).

Tabela 6. Valores médios de ângulo de contato (θ) aos 5, 15 e 25 segundos após a formação da gota, para a superfície adaxial e abaxial da *Sida rhombifolia*, referente ao desdobramento dos graus de liberdade da interação entre as caldas e as dosagens.

Adaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.
Sem adjuvante	52,71Ba	58,52Aba	43,35Bb	54,10Aa	39,65Cb	51,19Aa
Óleo vegetal	66,20Aa	64,56Aa	61,18Aa	57,84Aa	58,37Aa	52,94Ab
Óleo mineral	57,29ABa	47,19Cb	51,13Ba	38,62Bb	41,91Ba	36,08Bb
Lecitina	65,19Aa	50,10BCb	60,49Aa	39,09Bb	56,54Aa	34,08Bb
DMS Coluna	9,66		7,91		6,97	
DMS Linha	7,24		5,93		5,23	
CV (%)	8,42		7,75		7,31	
Abaxial						
	5 s		15 s		25 s	
	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.	1 L ha ⁻¹ p.c.	2 L ha ⁻¹ p.c.
Sem adjuvante	69,18Aa	49 Ab	62,18Aa	42,18Ab	62,18Aa	36,16Ab
Óleo vegetal	66,48ABa	59,07Aa	61,88Aa	47,16Ab	61,88Aa	43,86Ab
Óleo mineral	54,49BCa	45,7Aa	48,28Ba	42,06Aa	48,28Ba	39,56Aa
Lecitina	47,69Ca	47,53Aa	35,72Ba	38,74Aa	35,72Ba	35,48Aa
DMS Coluna	14,34		13,17		14,59	
DMS Linha	10,75		9,87		10,94	
CV (%)	12,75		13,24		15,77	

Médias, seguidas de letras minúsculas iguais para cada tempo na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para cada superfície, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DMS: diferença mínima significativa.

A calda sem adjuvante resultou em menores ângulos de contato na dosagem de 1 L ha⁻¹ (Tabela 6), é devido a formulação do herbicida possuir emulsificantes que interagem com a superfície e reduzem o ângulo de contato.

Na face abaxial a testemunha apresentou as maiores médias de ângulo de contato aos 5, 15 e 25 segundos (86,68°, 84,14° e 83,18°, respectivamente), diferindo dos tratamentos. Na dosagem de 1 L ha⁻¹ do herbicida, foi observado que a calda com óleo mineral e da lecitina apresentaram o menor ângulo de contato, aos 5 e 15 segundos. Aos 25 segundos, a lecitina apresentou menor ângulo diferindo dos demais adjuvantes. Na dosagem de 2 L ha⁻¹ do herbicida não foi observada diferença estatística em nenhum dos tempos avaliados (Tabela 6).

Quando comparado às diferenças dentre os tempos quanto as dosagens na face abaxial, a calda sem adjuvante na dosagem de 2 L ha⁻¹ do herbicida apresentou menores valores de ângulo de contato em todos os tempos. No óleo vegetal foi observada diferença aos 15 e 25 segundos, sendo que a dosagem de 2 L ha⁻¹ resultou em menor ângulo. Nos adjuvantes, óleo mineral e lecitina não foram observados diferenças entre os tempos avaliados nas duas dosagens (Tabela 6).

A dosagem de 2 L ha⁻¹ não expressou diferenças entre os adjuvantes (Tabela 6), possivelmente, deve ter ocorrido à formação de micelas, visto que, após a saturação da superfície, a adição de novas moléculas tem pouco efeito sobre o ângulo de contato, onde se formam espontaneamente agregados moleculares de dimensões coloidais. A concentração micelar crítica (CMC) depende da estrutura do tensoativo e das condições experimentais. Por isso, existe um limite na adição de adjuvantes à calda para a redução do ângulo de contato (MENDONÇA; RAETANO; MENDONÇA, 2007; BEHRING et al., 2004).

Em resumo, a testemunha (água) resultou em maior ângulo de contato em todas as superfícies avaliadas em comparação aos demais tratamentos. Em geral, a superfície adaxial apresentou maiores diferenças entre os adjuvantes do que a superfície abaxial. A dosagem de 1 L ha⁻¹ resultou em maior expressão das diferenças entre as caldas no espalhamento da gota sobre a superfície foliar.

2.4 Conclusões

A adição de adjuvantes não influencia na tensão superficial. A lecitina adicionado ao herbicida aminopiralde + fluroxipir reduz o ângulo de contato das gotas sobre as superfícies adaxial e abaxial de *Sida cordifolia* e *Sida glaziovii*. Para *Sida rhombifolia* a adição de adjuvantes ao herbicida não favorece a redução do ângulo de contato. O óleo vegetal associado ao herbicida aminopiralde + fluroxipir não é recomendado para as espécies *Sida rhombifolia*, *Sida cordifolia* e *Sida glaziovii*

2.5 Referências

- ALBERT L. H. B., VICTORIA FILHO R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n.5, p.888-899, 2002.
- BARBOSA, G. F., NAIS, J.; FERREIRA, M. C. . Estimativa da área e capacidade de retenção foliar de calda em citros. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 1225-1230, 2013.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Versão 1.1.0.668. Jaboticabal: [s.n.], 2013.
- BEHRING J. L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELLOS, I. O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: Um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**. v. 27, n.3, p. 492-495, 2004.
- COSTA, A. G. F., VELINI, E. D., ROSSI, C. V. S., CORRÊA, M. R., NEGRISOLI, E., FIORINI, M. V., SIONO, L. M. Adjuvantes na deriva de 2,4-D+ glyphosate em condições de campo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 387-392, 2014.
- CUNHA J. P. A. R, ALVES G. S., MARQUES R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.
- CUNHA, V. C., SANTOS, J. B., FERREIRA, E. A., CABRAL, C. M., SILVA, D. V., GANDINI, E. M. Anatomia foliar comparativa em espécies de guanxuma. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2013.

DECARO JUNIOR S. T., FERREIRA M. C., LASMAR O. Physical characteristics of oily spraying liquids and droplets formed on coffee leaves and glass surfaces. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 588-600, 2015.

FERREIRA, E. A., FERNANDEZ, A. G., DE SOUZA, C. P., FELIPE, M. A., DOS SANTOS, J. B., SILVA, D. V., GUIMARÃES, F. A. R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do médio vale do rio doce, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 502, 2014.

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

HESS F D.; FALK R H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, v. 38, n.3, p. 280-288, 1990.

INOUE, M. H., ISKIERSKI, D., MENDES, K. F., BEN, R., CONCIANI, P. A., PEREIRA, R. L., DALLACORT, R Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens no município de Nova Olímpia-MT. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 376-384, 2013.

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**, v. 30, n. 4, p.670-680, 2010.

KIRKWOOD R C. Use and mode of action of adjuvants for herbicide: A review of some current work. **Pesticide Science**, v. 38, p. 93-102, 1993.

KISSMANN K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES J.V.C E DORNELLES S.B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária, sociedade de Agronomia de Santa Maria, p.39-51, 1998.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: Plantio Direto e Convencional**. 7ª edição, Nova Odessa-SP, Instituto Plantarum, p.211-215, 2014.

MACIEL, C. D. G.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M.; POLETINE, J. P.; BASTOS, S. L. W.; DIAS, N. M. S. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.

MELO, A. A., USANO-ALEMANY, J., GUEDES, J. V. C., HUNSCHE, M. Impact of tank mix adjuvants on deposit formation, cuticular penetration and rain induced removal of chlorantraniliprole. **Crop Protection**, v. 78, p. 253-262, 2015.

MENDONÇA C. G., RAETANO C. G., MENDONÇA C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. esp, p.16-23, 2007.

NORONHA, N. C., ANDRADE, C. A. D., LIMONGE, F. C., CERRI, C. C., CERRI, C. E. P., PICCOLO, M. D. C., FEIGL, B. J. Recuperação de pastagem degradada em Rondônia: macronutrientes e produtividade da *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1711-1720, 2010.

PRADO, E. P., RAETANO, C. G., DO AMARAL DAL, M. H. F., CHECHETTO, R. G., FERREIRA FILHO, P. J., MAGALHAES, A. C., MIASAKI, C. T. Effects of agricultural spray adjuvants in surface tension reduction and spray retention on Eucalyptus leaves. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 40, p. 3959-3965, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. V - *Leonurus sibiricus*, *Leonotis nepetaefolia*, *Plantago tomentosa* e *Sida glaziovii*. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.403-411, 2003.

QUEIROZ A. A., MARTINS J. A. S., CUNHA J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v.24, n.4, p. 8 -19, 2008.

SANTOS, D. P., BRAGA, R. R., GUIMARÃES, F. A. R., JESUS PASSOS, A. B. R., SILVA, D. V., SANTOS, J. B., NERY, M. C. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas auxínicos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 354-362, 2013.

TANG X.; DONG J., LI X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 325, p. 223–227, 2008.

TAYLOR P. The wetting of leaf surfaces. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 16, n. 4, p. 326-334, 2011.

CAPÍTULO 3. RELAÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS EM SUPERFÍCIES DE FOLHAS COM O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO - O objetivo foi avaliar o ângulo de contato da gota da calda herbicida associado a adjuvante depositada na superfície foliar de diferentes espécies de plantas daninhas de pastagens e a relação com o controle. Para o ângulo de contato o delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições, e para o controle o delineamento em blocos casualizado, ambos dispostos em arranjo fatorial 4 x 2 +1. Os fatores de interação foram quatro caldas contendo o herbicida sem adição de adjuvantes e herbicida associado a adjuvantes (óleo vegetal, óleo mineral e lecitina), duas dosagens e a água como testemunha. O ângulo de contato foi determinado no equipamento tensiômetro, foram feitas avaliações em seis espécies: *Crotalaria incana*, *Lantana camara*, *Ipomoea grandifolia*, *Asclepias curassavica*, *Senna obtusifolia* e *Ricinus communis*, na face adaxial e abaxial da folha para cada espécie, e na superfície artificial, parafilme. O controle foi feito em duas espécies de plantas daninhas *Crotalaria incana*, *Lantana camara*,. A análise multivariada permitiu o entendimento sobre o comportamento do ângulo de contato das diferentes caldas nas superfícies naturais e artificial, devido à formação dos fatores. As espécies *C. incana*, *L. camara*, *I. grandifolia*, *A. curassavica*, *S. obtusifolia* e *R. communis*, nas duas faces estudadas, com exceção das superfícies abaxial da *Ipomoea grandifolia* e face adaxial de *A. sclepias curassavica*, recomenda-se a utilização do herbicida aminopiralide+fluroxipir associado à lecitina. O controle resultou em uma relação indireta, pois para um menor ângulo de contato na superfície das espécies *C. incana* e *L. camara* maior a porcentagem de controle dessas plantas.

Palavras-chave: adjuvante, espalhamento, herbicida, intoxicação

RELATIONSHIP OF CONTACT ANGLE OF SPRAY SOLUTION ON LEAF SURFACES WITH WEED CONTROL

ABSTRACT - The aim of this study to evaluate the contact angle of the drop of the herbicide spray solution associated with the adjuvant deposited on the leaf surface of different weed species and the relationship with control. For the contact angle the design was completely randomized, with four replications, and for the control, a randomized block design was used, both arranged in a 4 x 2 +1 factorial arrangement. The interaction factors were four spray solution containing the herbicide without addition of adjuvants and herbicide associated with adjuvants (vegetable oil, mineral oil and lecithin), two dosages and water as a control. The contact angle was determined in the tensiometer equipment, evaluations were made in six species: *Crotalaria incana*, *Lantana camara*, *Ipomoea grandifolia*, *Asclepias curassavica*, *Senna obtusifolia* and *Ricinus communis*, on the adaxial and abaxial side of each species, and on artificial surface, parafilm. Control was done on two species of weeds *Crotalaria incana*, *Lantana camara*. The multivariate analysis allowed the understanding of the behavior of the contact angle of the different grouts on the natural and artificial surfaces, due to the formation of the factors. For the *Crotalaria incana*, *Lantana camara*, *Ipomoea grandifolia*, *Asclepias curassavica*, *Senna obtusifolia* and *Ricinus communis*, with the exception of the abaxial surfaces of *Ipomoea grandifolia* and adaxial face *Asclepias curassavica*, it is recommended to use the herbicide aminopiralde + fluroxipir associated to lecithin. The control resulted in an indirect relation, since the lower contact angle on the surface of the species *Crotalaria incana* and *Lantana camara* increased the percentage of intoxication of these plants.

Keywords: adjuvant, spreading, herbicide, intoxication

3.1 Introdução

As plantas daninhas compõem um dos principais fatores de degradação das pastagens no Brasil. Competem com as plantas forrageiras por luz, espaço e nutrientes, podendo algumas espécies ser tóxicas para os bovinos. Uma vez que os animais ingerem, pode causar sérios danos no sistema nervoso e digestivo, podendo resultar na morte dos animais (SANTOS et al., 2006; CARVALHO; PITELLI, 1992). Devido à ocorrência das plantas daninhas em áreas de pastagem, os produtores têm usado herbicidas seletivos, visando o controle de espécies dicotiledôneas. O herbicida aminopiralde+ fluroxypir tornou-se uma alternativa para o controle das plantas daninhas nessas áreas.

No entanto, para o controle eficiente das plantas daninhas têm sido adicionados ao tanque do pulverizador os adjuvantes, dos mais diferentes tipos. Os adjuvantes podem alterar as propriedades físico-químicas das caldas, tais como, tensão superficial, viscosidade, ângulo de contato, pH e condutividade elétrica (CUNHA; ALVES; MARQUES, 2017), com possível melhora na penetração e absorção dos produtos pelas plantas. Os adjuvantes a base de óleo podem favorecer a absorção do herbicida e reduzir perdas, além de afetar as propriedades da folha, principalmente folhas jovens e túrgidas (MATUO, 1989).

Todavia, a escolha dos adjuvantes deve ser condicionada aos custos desses produtos e as condições meteorológicas durante as aplicações. A adição de adjuvantes pode não ter o efeito desejado, devido à interação da calda fitossanitária com a superfície na qual foi depositada a gota (FERREIRA et al., 2011).

As características de espalhamento de uma gota, ou seja, a redução do ângulo de contato sobre uma superfície é dependente das características anatômicas do alvo (IOST; RAETANO, 2010). As diferentes características de anatomia e composição e formação da superfície epidérmica foliar das plantas pode conferir uma tolerância aos diferentes herbicidas (VIANA et al., 2010), resultando na ineficiência do controle das plantas daninhas.

O ângulo de contato é usado para caracterizar as gotas das caldas depositadas na superfície sólida, sendo considerados os fatores de interação do espalhamento do líquido sobre a superfície e da área coberta resultante de uma pulverização, quando o ângulo de contato é menor que 90°, a superfície é

denominada hidrofílica, caso contrário é chamado de hidrofóbica. Quando está acima de 160° , a superfície é considerada super-hidrofóbica (TANG; DONG; LI, 2008).

Diante disso, o desenvolvimento de pesquisas que avaliem a interação dos herbicidas associados a adjuvantes, principalmente dos produtos recomendados para pastagens, é importante para a recomendação do adjuvante, visto que o uso de adjuvante pode proporcionar maior espalhamento da gota sobre a superfície de diferentes espécies de plantas, e potencializar o controle.

Desta forma, o objetivo foi avaliar o ângulo de contato da gota da calda herbicida associado a adjuvante depositada na superfície foliar de diferentes espécies de plantas daninhas de pastagens e a sua relação com o controle.

3.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no ano de 2016, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal (FCAV). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições dispostas em arranjo fatorial $4 \times 2 + 1$. Os fatores de interação foram quatro caldas contendo o herbicida sem adição de adjuvantes e herbicida associado a adjuvantes óleo vegetal, óleo mineral e lecitina, com duas dosagens e a água como testemunha (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos produtos utilizados no experimento.

Produto	Nome comercial	Ingrediente ativo	Empresa	Tipo de produto
Aminopiraldide + fluroxipir	Dominum [®]	15,15%	Dow AgroSciences	Herbicida
Ésteres de ácidos graxos com glicerol	Veget'oil [®]	930 g	Oxiquímica Agrociência	Adjuvante*
Hidrocarbonetos alifáticos	Argenfrut [®]	845,575 g	Agrovant Comércio de Produtos Agrícolas	Adjuvante*
Mistura de fosfatidocolina e ácido propiônico	LI-700 [®]	712,88 g	DE SANGOSSE Agroquímica	Adjuvante*

*Os adjuvantes foram adicionados nas caldas na proporção de $0,3\% \text{ v v}^{-1}$.

As dosagens do herbicida foram 1 L ha^{-1} e 2 L ha^{-1} p.c. Foi determinado essas dosagens para o controle dessas espécies de plantas daninhas, de acordo, com a bula do herbicida, visando avaliar o mínimo e o máximo usado. Foi utilizada como base uma concentração equivalente ao volume de aplicação de 150 L ha^{-1} , usual em pastagens brasileiras.

O ângulo de contato foi determinado por meio do equipamento tensiômetro Contact Angle System OCA 15-Plus (Dataphysics®), munido de câmera digital de alta resolução temporal e definição e o software SCA20® para automatização e processamento das imagens obtidas (Figura 1). Para a determinação das variáveis, as gotas foram formadas em uma seringa de precisão de $500 \mu\text{L}$ da marca Hamilton®, e a taxa de liberação das gotas foi de $3 \mu\text{L s}^{-1}$, em todos os tratamentos. As avaliações foram feitas em seis espécies: *Crotalaria incana*, *Lantana camara*, *Ipomoea grandifolia*, *Asclepias curassavica*, *Senna obtusifolia* e *Ricinus communis*, na face adaxial e abaxial de cada espécie. Além disso, foram feitas avaliações em uma superfície artificial, o Parafilme (Uma mistura resistente de parafina plástica com papel, à prova d'água, comercializado como Parafilm M®).

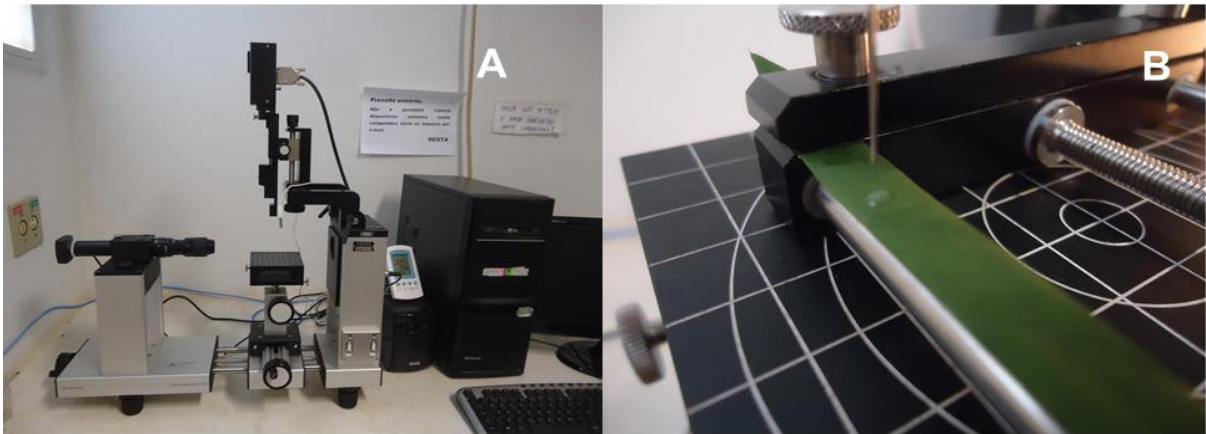


Figura 1- A-Tensiômetro Contact Angle System OCA 15-Plus (Dataphysics®). B- Gota depositada na superfície adaxial de *Asclepias curassavica* para mensuração do ângulo de contato. Fonte: o autor.

Para coleta das folhas, as plantas daninhas foram cultivadas em casa de vegetação, os vasos foram preenchidos com substrato, composto por areia, esterco bovino e terra, na proporção de 3:1:3. As folhas coletadas foram seccionadas em retângulos longitudinais de aproximadamente $5 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$. Estas seções foram dispostas horizontalmente em esticadores próprios, visando reduzir ondulações que

comprometessem a estrutura foliar e a captura de imagens para as leituras de ângulo de contato. As imagens foram avaliadas a cada segundo durante o período de 60 segundos após a deposição de cada gota sobre a superfície foliar, considerando para avaliação o momento de 5 segundos, após a gota ser depositada sobre a superfície (Figura 1). As médias da temperatura e umidade relativa durante as leituras foram de 25,8 °C e 60%, respectivamente.

Para avaliação de controle, o delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições dispostas em arranjo fatorial 4 x 2 +1. Os fatores de interação foram os mesmos usados para o ângulo de contato, sendo quatro caldas contendo o herbicida sem adição de adjuvantes e herbicidas associados a adjuvantes (óleo vegetal, óleo mineral e lecitina), duas dosagens, e a testemunha, sem aplicação.

Os tratamentos foram aplicados em pós-emergência de duas espécies: *Crotalaria incana* e *Lantana camara*, aos 65 dias após a semeadura e o plantio das estacas, respectivamente, a aplicação ocorreu de forma tardia. Para a aplicação foi utilizado um pulverizador de pesquisa pressurizado por CO₂ montado sobre um quadriciclo, sendo equipado com barra a 60 cm de altura das plantas, com suporte para três pontas de pulverização espaçadas 0,5 m entre si operando na pressão constante de 1,5 bar, perfazendo a velocidade 5,76 Km por hora (Figura 2). A ponta de pulverização utilizada foi a TTI 11003, com a vazão por pontas de 0,72 L min⁻¹, classificada como gota ultra grossa, O volume de calda utilizado foi de 150 L há⁻¹. As condições atmosféricas foram medidas no momento da aplicação por meio do termohigroanemômetro digital, para cada tratamento aplicado. A média da temperatura na aplicação foi de 25,26 °C, 85,12% de umidade, a velocidade do vento de 0,03 Km por hora, sendo que a aplicação teve início às 8:45 e o término às 09:36 horas, em 03 de abril de 2016.

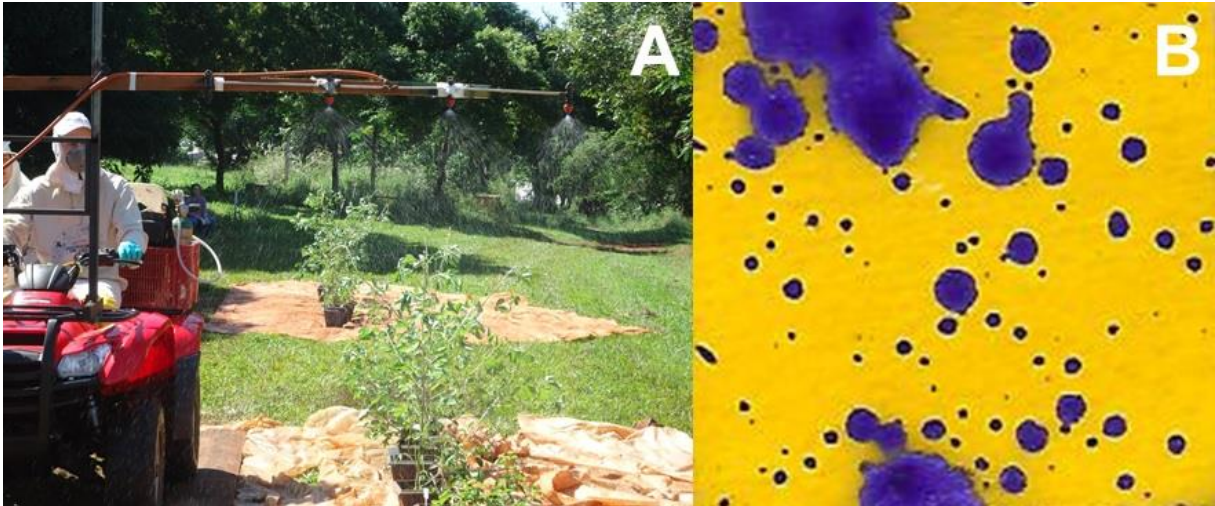


Figura 2. A- Aplicação dos tratamentos para controle de *Crotalaria incana*; B- Gotas depositadas no papel hidrosensível durante a aplicação da calda do herbicida na dosagem de $2L^{-1}$ p.c. por hectare com adição da lecitina.

Após a aplicação dos tratamentos os vasos foram mantidos em área anexa à casa de vegetação do departamento de Fitossanidade e irrigados diariamente. Foram realizadas avaliações de intoxicação das plantas, por meio de uma escala, na qual as notas foram referentes à porcentagem de injúrias ocasionadas pelo herbicida em relação à área da planta, em que 0% representa ausência de injúrias e 100% à morte da planta, conforme metodologia de Frans (1972). As avaliações ocorreram aos 05, 11 e 16 dias após a aplicação.

Os dados foram analisados pelo método estatístico multivariado, pela análise fatorial. Os processos que explicaram as interações entre as variáveis medidas (superfícies e controle) foram identificados por meio da análise fatorial. A análise fatorial é uma técnica exploratória multivariada que permite observar relações entre um conjunto de variáveis. Entretanto, quando comparada a análise de componentes principais, a análise de fatores, apresenta suposições mais restritivas e uso apenas de dimensões latentes (variância compartilhada), sendo vista como uma análise teoricamente mais fundamentada (HAIR et al., 2005).

Após a padronização das variáveis (média nula e variância unitária), a análise foi processada no programa Statistica 7.0 (StatSoft. Inc., Tulsa, OK, USA).

Dentre as diversas técnicas disponíveis para extrair fatores, utilizou-se a análise de componentes principais, calculada a partir da matriz de correlação entre

as variáveis (JEFFERS, 1978). Foram selecionadas somente as variáveis com cargas fatoriais $>0,50$ em valor absoluto.

O primeiro factor extraído a partir da matriz é a combinação linear das variáveis originais, que representa o máximo de variação contida nas amostras quanto possível. Assim, o primeiro fator pode ser visto como o melhor resumo de relações lineares exibidas nos dados. O segundo fator é definido como a segunda melhor combinação linear das variáveis, sujeito a restrição de ser ortogonal (independente) ao primeiro fator. Para ser ortogonal ao primeiro fator, o segundo deve ser determinado a partir da variância remanescente após o primeiro fator ter sido extraído. Assim, o segundo fator pode ser definido como a combinação linear das variáveis que explica a maior parte da variância residual depois que o efeito do primeiro fator foi removido dos dados (MANLY, 2008).

Foram considerados os fatores cujo autovalores foram superiores à unidade, conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958). Estes autovalores foram determinados fazendo-se um gráfico das raízes latentes em relação ao número de fatores em sua ordem de extração, e a forma da curva resultante foi utilizada para avaliar o ponto de corte (KAISER, 1958). Os coeficientes das funções lineares, que definem as cargas fatoriais foram utilizados na interpretação de seu significado, usando o sinal e o tamanho relativo das cargas como uma indicação do peso a ser atribuído para cada variável.

A análise de variância univariada (ANOVA) foi realizada com os escores dos dois primeiros fatores para testar se há diferença significativa entre as caldas quando definidos os processos oriundos da análise fatorial.

3.3 Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentados os fatores obtidos e a variância a eles atribuída (cargas fatoriais). A partir da análise pode-se identificar que dois processos independentes estão ocorrendo nas superfícies.

Os dois fatores juntos explicaram 60,2% da variação total dos dados originais. O Fator 1, que consiste no ângulo de contato e o controle representam 60,1% e o Fator 2, que consiste em ângulo de contato de *Ipomoea grandifolia* na face abaxial e *Asclepias curassavica* na face adaxial representam 0,9% da variação total.

Tabela 2. Resultado da análise de fatores contendo os dois primeiros fatores (processos) com suas respectivas cargas fatoriais que representam os coeficientes de correlação entre as superfícies foliares e controle e cada Fator.

Plantas daninhas	Fator 1	Fator 2
	60,10%*	0,9%*
Superfície artificial	0,98	0,02
<i>L. camara</i> Adaxial	0,75	0,24
<i>L. camara</i> Abaxial	0,68	-0,04
<i>C. incana</i> Adaxial	0,95	0,00
<i>C. incana</i> Abaxial	0,96	-0,02
<i>I. grandifolia</i> Adaxial	0,81	0,39
<i>I. grandifolia</i> Abaxial	0,45	0,54
<i>S. obtusifolia</i> Adaxial	0,88	0,18
<i>S. obtusifolia</i> Abaxial	0,94	0,18
<i>R. communis</i> Adaxial	0,52	0,26
<i>R. communis</i> Abaxial	0,85	0,18
<i>A. curassavica</i> Adaxial	-0,12	0,53
<i>A. curassavica</i> Abaxial	0,73	0,02
Controle <i>C. incana</i> 5DAA	-0,50	0,40
Controle <i>C. incana</i> 11DAA	-0,77	0,49
Controle <i>C. incana</i> 16DAA	-0,92	0,25
Controle <i>L. camara</i> 5DAA	-0,51	0,58
Controle <i>L. camara</i> 11DAA	-0,84	0,19
Controle <i>L. camara</i> 16DAA	-0,95	0,02
Interpretação	Superfícies e controle	<i>Ipomoea grandifolia</i> (abaxial) e <i>Asclepias curassavica</i> (adaxial)

*Valor referente à porcentagem da variação do conjunto original dos dados retida pelos respectivos fatores. Valores das cargas em negrito (>0,50 em valor absoluto) foram considerados na interpretação do fator. Superfície artificial= Parafilme; DAA= Dias após a aplicação.

O processo contido no ângulo de contato e o controle é o mais importante para o estudo, pois é derivado do maior autovalor e possui maior percentual de explicação (60,1%), sendo que as variáveis, que mais contribuem nesse, são representadas por: superfície artificial (0,98), *L. camara* face adaxial (0,75), *L. camara* face abaxial (0,68), *C. incana* face adaxial (0,95), *C. incana* face abaxial (0,96), *I. grandifolia* face adaxial (0,81), *S. obtusifolia* face adaxial (0,88), *S. obtusifolia* face abaxial (0,94), *R. communis* face adaxial (0,52), *R. communis* face

abaxial (0,85), *A. curassavica* face abaxial (0,73), o controle de *C. incana* a 5DAA (-0,50), controle de *C. incana* a 11DAA (-0,77), controle de *C. incana* a 16DAA (-0,92), controle de *L. camara* a 5DAA (-0,51), controle de *L. camara* 11DAA (-0,84) e o controle de *L. camara* 16 DAA (-0,95).

De acordo com os sinais das cargas fatoriais, o Fator ângulo de contato e o controle está direta e fortemente correlacionado com as superfícies: superfície artificial (0,98), *L. camara* face adaxial (0,75), *L. camara* face abaxial (0,68), *C. incana* face adaxial (0,95), *C. incana* face abaxial (0,96), *I. grandifolia* face adaxial (0,81), *S. obtusifolia* face adaxial (0,88), *S. obtusifolia* face abaxial (0,94), *R. communis* face adaxial (0,52), *R. communis* face abaxial (0,85), *A. curassavica* face abaxial (0,73) (apresentando mesmo sinal positivo), bem como com o controle: *C. incana* e *L. camara* (apresentando mesmo sinal negativo).

Entretanto, dentro do Fator ângulo de contato e o controle também existe uma relação indireta entre as plantas *Crotalaria incana* e *Lantana camara* e o controle, por apresentarem sinais opostos. Desta forma, pode ser interpretado como o comportamento das caldas na dinâmica de espalhamento da gota nas diferentes superfícies em relação ao controle. Portanto, podemos compreender que a relação do ângulo de contato das caldas e do controle é indireta, assim, quando menor o ângulo de contato das caldas maior o efeito dos tratamentos no controle da planta daninha. No Fator *Ipomoea grandifolia* face abaxial e a *Asclepias curassavica* face adaxial, apresentam relação direta entre si, ou seja o comportamento da gota das caldas são semelhantes.

Considerando que os fatores são ortogonais (não correlacionados), os processos retidos nos Fatores ângulo de contato e o controle e no fator *Ipomoea grandifolia* face abaxial e a *Asclepias curassavica* face adaxial atuam independentes um do outro. Desta forma, foi realizada a ANOVA com os escores do Fator ângulo de contato e controle (Figura 3) e do Fator *Ipomoea grandifolia* face abaxial e a *Asclepias curassavica* face adaxial (Figura 4).

Quando realizada a ANOVA com os escores do Fator ângulo de contato e controle observou-se diferença significativa ($F = 109,58$; $p = 0,0001$), entre as caldas quando avaliadas conjuntamente as superfícies e controle. Houve diferenças das

caldas em relação à água. Entre as caldas, somente houve diferença entre a calda com adição do óleo mineral e a calda com adição da lecitina (Figura 3).

A diferença das caldas em relação à testemunha significa que gotas formadas a partir de água se espalham menos do que aquelas oriundas de caldas fitossanitárias constituídas de adjuvantes (DECARO JUNIOR; FERREIRA; LASMAR, 2015).

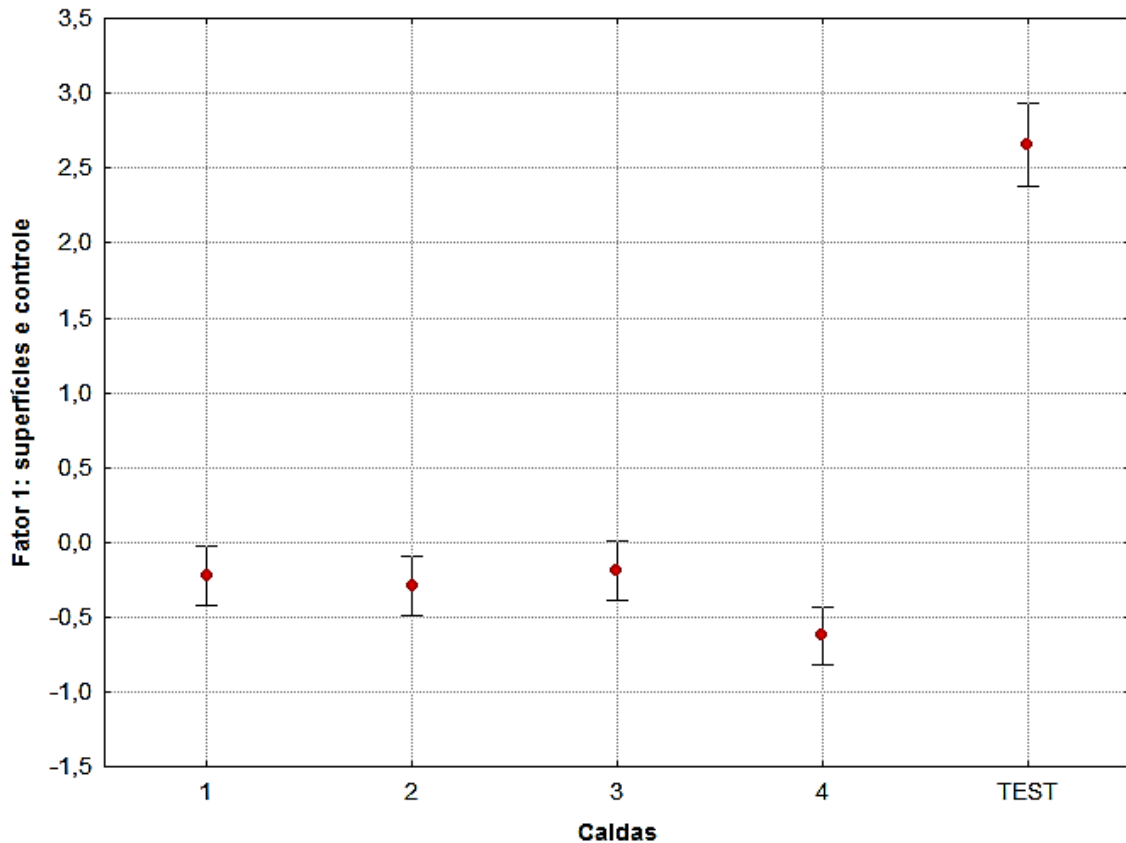


Figura 3. Representação gráfica com os escores do Fator 1 (superfície e controle) em função das caldas avaliadas. As barras verticais denotam intervalos de confiança de 0,95 ($F = 109,58$; $p = 0,0001$). As caldas: 1-sem adjuvante; 2-herbicida associado ao óleo vegetal; 3- herbicida associado ao óleo mineral; 4- herbicida associado à lecitina; Test- testemunha.

A adição do óleo e da lecitina apresentaram diferenças significativas, sendo estes fatores relevantes para a escolha adequada do adjuvante, devido aos efeitos distintos para herbicidas (LI et al., 2016). No entanto, a adição do óleo mineral à calda pode reduzir a velocidade de evaporação nas superfícies hidrofílicas e hidrofóbicas artificiais, porém pode aumenta a velocidade de evaporação em superfícies lipofílicas (LASMAR; CUNHA, 2016). Portanto, apesar do adjuvante não

resultarem em diferenças no espalhamento, para o grupo contido no Fator ângulo de contato e controle, é interessante a adição da lecitina.

Para o Fator *Ipomoea grandifolia* face abaxial e *Asclepias curassavica* face adaxial, também se observa diferença significativa ($F = 4,036$; $p = 0,009$) quando avaliadas conjuntamente as plantas. As caldas utilizadas não diferiram da testemunha. Quando comparadas as caldas houve diferença somente entre a calda sem adição adjuvante e a calda com adição de lecitina (Figura 4).

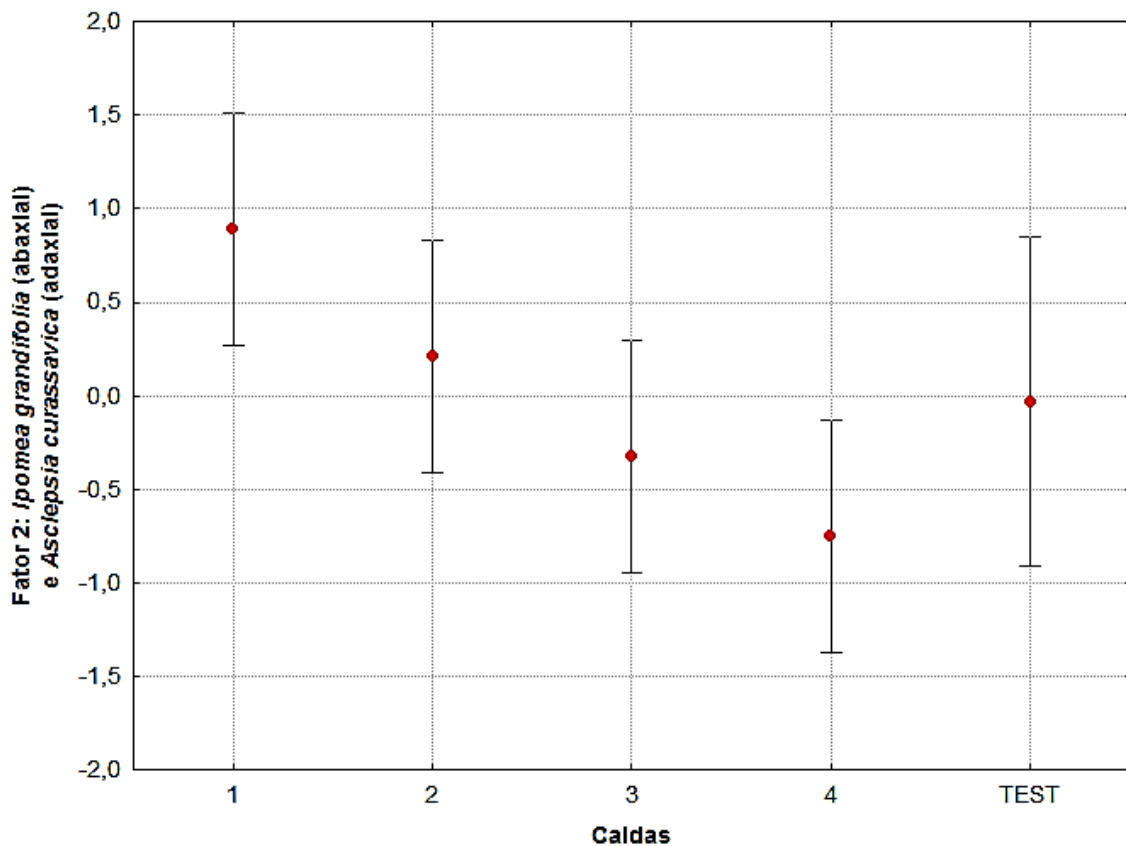


Figura 4. Representação gráfica com os escores do Fator 2 (*Ipomoea grandifolia* (abaxial) e *Asclepias curassavica* (adaxial)) em função das caldas avaliadas. As barras verticais denotam intervalos de confiança de 0,95 ($F = 4,036$; $p = 0,009$). As caldas: 1-sem adjuvante; 2-herbicida associado ao óleo vegetal; 3- herbicida associado ao óleo mineral; 4- herbicida associado à lecitina; Test- testemunha.

Para a superfície da *I. grandifolia* a composição da cera pode ter influenciado para que as caldas não resultassem em diferenças no ângulo de contato, devido ser

composta por álcoois primário e secundário e ésteres, compostos hidrofílicos, permitindo uma maior afinidade da superfícies com as gotas (MONQUERO et al., 2004). As gotas em superfícies hidrofílicas, como a *I. grandifolia*, têm uma área de cobertura maior e um tempo de evaporação menor do que em superfícies hidrofóbicas (YU; ZHU; OZKAN, 2009).

De modo geral, as superfícies apresentaram semelhanças na dinâmica de espalhamento da gota. Quando observada a deposição da gota de água (Figura 5), é possível notar que, as superfícies que foram contidas no Fator ângulo de contato e controle podem ser classificadas como superfícies hidrofóbicas, evidenciando que na aplicação de caldas aquosas, é recomendada a adição de adjuvante que auxilie na redução do ângulo de contato.

As maiores médias de ângulo de contato foram observadas quando a gota foi depositada nas espécies *Crotalaria incana* e *Senna obtusifolia* nas duas faces, assim, conforme Tang; Dong; Li, (2008), essas espécies podem ser classificadas como superfícies hidrofóbicas, com 146,02° e 132,89° na face adaxial, respectivamente. A *Senna obtusifolia* na face abaxial apresentou características de super-hidrofobicidade, com ângulo de contato de 177,80°, superfícies acima de 160° podem ser caracterizadas com super-hidrofóbica (TANG; DONG; LI, 2008). Apesar das folhas da planta ser composta por 93% de componentes polares na superfície epicuticular, a presença de compostos não polares nas caldas afetam o espalhamento nas superfícies (KISSMANN, 1998).

Para a *Crotalaria incana* foi possível observar que os efeitos dos tratamentos na intoxicação ao longo dos dias avaliados foram relativamente menores quando comparado com a *Lantana camara*, que aos 5 DAA apresentavam 60% de controle (Figura 6).

Todavia, as características morfológicas da superfície foliar pode ter influenciado no controle, a *Lantana camara* apresenta cutícula grossa na superfície adaxial, grande quantidade de tricomas não glandulares, sendo mais presente na face adaxial, a *Crotalaria incana* apresenta grande quantidade de estômatos na face adaxial, e a cutícula com a mesma espessura nas duas faces da folha e alto teor de cera epicuticular, sendo essa característica a principal barreira à penetração de herbicida (PASSOS; MEIRA; BARBOSA, 2009; PROCOPIO et al., 2003).

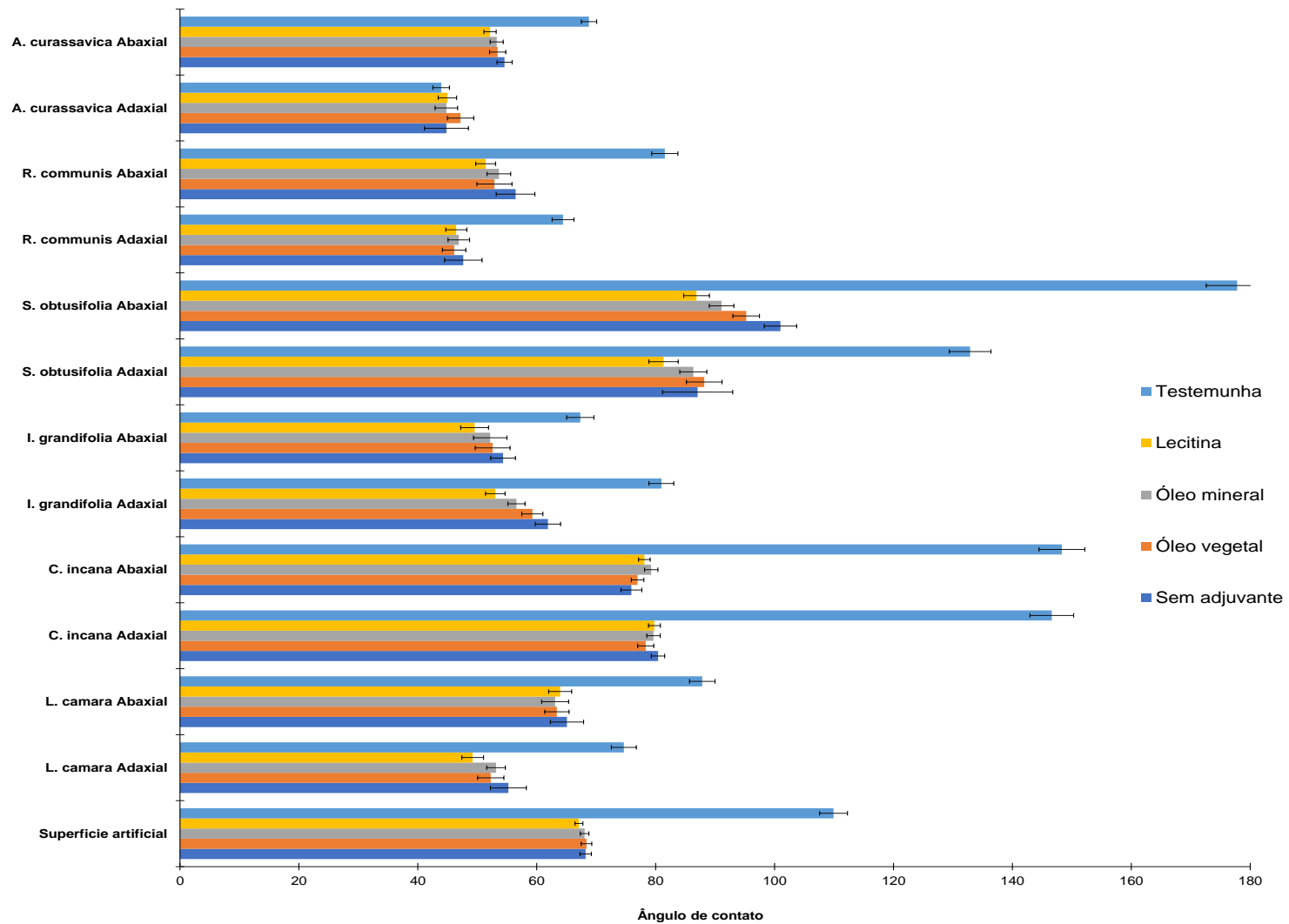


Figura 5. Médias e erros padrão dos escores para ângulo de contato em função das caldas avaliadas.

De acordo com Procópio et al., (2003) recomendam à adição de óleos minerais ou vegetais na calda de aplicação para o controle da *Crotalaria incana*. Porém, neste trabalho foi observada que a adição da Lecitina na calda resultou em maior espalhamento da gota depositada quando comparado aos adjuvantes à base de óleos, evidenciando a importância do conhecimento da interação do herbicida utilizado com o adjuvante na deposição do alvo.

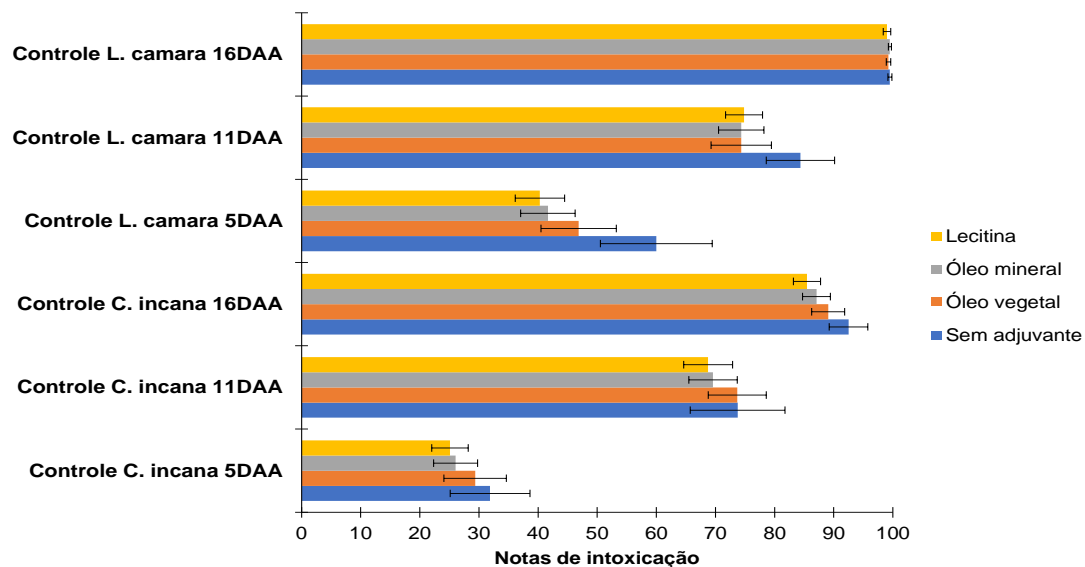


Figura 6. Médias e erros padrão dos escores para controle de *Crotalaria incana* e *Lantana camara* em função das caldas avaliadas. DAA: Dias após a aplicação

Na superfície adaxial de *Asclepias curassavica* foi observada a menor média de ângulo de contato ($43,93^\circ$) após a deposição da gota de água, podendo ser classificada como hidrofílica (TANG; DONG; LI, 2008), esta característica colaborou para que a superfície tenha sido contida no Fator *Ipomoea grandifolia* face abaxial e *Asclepias curassavica* face adaxial. Provavelmente, essa característica deve estar relacionada com a superfície foliar da planta. De acordo com Agrawal et al., (2009), essa espécie apresenta ceras dominadas por aldeídos de cadeia longa, tricomas e cristais de ceras e menor densidade estomática, é possível que a não observação das diferenças entre as caldas e a água seja devido a essa característica de composição da superfície foliar. Desse modo, para esse fator, é permitindo concluir que a adição de adjuvante não é necessária na aplicação.

3.5 Conclusão

O ângulo de contato com a calda associada ao óleo mineral e a lecitina foram diferentes no Fator ângulo de contato e controle. No Fator *Ipomoea grandifolia* na face abaxial e *Asclepias curassavica* na face adaxial houve diferença entre a calda sem adjuvante e lecitina. O controle tem relação indireta com o ângulo de contato. Contudo, quanto menor o ângulo de contato na superfície das espécies *Crotalaria incana* e *Lantana camara* maior a porcentagem de controle dessas plantas.

3.6 Referências

- ADAPAR- Agência de Defesa Agropecuária do Paraná <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/DOMINUM.pdf>> acesso em 17 de junho de 2017.
- AGRAWAL, A. A.; FISHBEIN, M.; JETTER, R.; SALMINEN, J. P.; GOLDSTEIN, J. B.; FREITAG, A. E.; SPARKS J. P. Blackwell Publishing Ltd Phylogenetic ecology of leaf surface traits in the milkweeds (*Asclepias* spp.): chemistry, ecophysiology, and insect behavior **New Phytologist**, v. 183, p. 848–867, 2009.
- CARVALHO, S. L.; PITELLI, R. A. Levantamento e análise fitossociológica das principais espécies de plantas daninhas de pastagens da região de Selvíria (MS). **Planta Daninha**, v. 10, n. 1/2, 1992.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017.
- DECARO JUNIOR S. T., FERREIRA M. C., LASMAR O. Physical characteristics of oily spraying liquids and droplets formed on coffee leaves and glass surfaces. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 588-600, 2015.
- FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, v. 29, p. 697-705, 2011.
- FRANS, R. E. Measuring plant response. 1972. p. 28-41. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Research methods in weed science**. Melbourne: Southern Weed Science Society, p.391-402, 2008.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 688 p.

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**, v.30, n.4, p.670-680, 2010.

JEFFERS, J. N. R. **An Introduction to system analysis**: With ecological applications. London: University Park Press, 1978. p. 198.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187–200, 1958.

KISMANN K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: Guedes J. V. C., Dornelles S. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.39-51.

LASMAR O., CUNHA J. P. A. R. Evaporation time of droplets containing thiamethoxam and adjuvants on hydrophilic, hydrophobic and lipophilic surfaces under different air relative humidities. **Bioscience Journal**, v.32, p.108-114, 2016.

LI, J., CHEN, W., XU, Y., WU, X.. Comparative effects of different types of tankmixed adjuvants on the efficacy, absorption and translocation of cyhalofop-butyl in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.). **Weed Biology and Management**, v. 16, p.80-89, 2016.

MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. Bookman, 2008.

MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeito de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathologica**, v.15, n.2, p.163-173, 1989.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MATAS, J. A.; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.203-210, 2004.

PASSOS, J. L.; MEIRA, R. M. S. A; BARBOSA, L. C. A. Foliar natomy of the species *Lantana camara* and *L. radula* (verbenaceae). **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 689-700, 2009.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III - *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.1-9, 2003.

SANTOS, M. V.; FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; TUFFI SANTOS, L. D.; FONSECA, D. M. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 391-398, 2006.

TANG X.; DONG J., LI X. A comparison of spreading behaviors of Silwet L-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 325, p. 223–227, 2008.

VIANA, R. G.; TUFFI SANTOS, L. D.; DEMUNER, A. J.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, E. A.; MACHADO, A. F. L.; SANTOS, M. V. Quantificação e composição química de cera epicuticular de folhas de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 753-758, 2010.

YU Y., ZHU H., OZKAN H. E. Evaporation of pesticide droplets on surfaces under various relative humidity conditions. **Journal of ASTM International**,v. 6, p. 1-8, 2009.

CAPÍTULO 4 – Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos, pode se considerar que:

O espalhamento da calda não foi influenciado pela tensão superficial, mas pela interação das caldas fitossanitárias com a superfície alvo.

Existem diferenças no espalhamento da gota depositada nas superfícies, entre as espécies do mesmo gênero e dentro da mesma espécie na face adaxial e abaxial.

A recomendação da adição de adjuvantes na calda fitossanitária pode não ser necessária, visto que dependerá das características morfológicas da superfície do alvo.

Apesar de ser esperada uma redução do ângulo de contato com a adição de óleo vegetal na calda, dada a afinidade com o alvo, não foi observado esse comportamento, salientado que a adição desse adjuvante não foi necessária para as três espécies do gênero *Sida*.

A análise multivariada deve ser usada para compreender o comportamento do ângulo de contato das diferentes caldas nas superfícies naturais e artificial, visto que com esse tipo de análise é possível compreender interação nas diferentes espécies de plantas daninhas, devido à formação dos grupos e verificar a relação com o controle.

Assim, para as *Crotalaria incana*, *Lantana camara*, *Ipomoea grandifolia*, *Asclepias curassavica*, *Senna obtusifolia* e *Ricinus communis*, nas duas faces estudadas, com exceção das superfícies abaxial da *Ipomoea grandifolia* e face adaxial da *Asclepias curassavica*, recomenda-se a utilização do herbicida aminopiralde+fluroxipir associado à lecitina.